

919

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

-Instituto de Geología y Minería-

ESTUDIO DE CONCENTRACION DE DOS MUESTRAS
DE MINERAL DE HIERRO DE SANTA BARBARA Y
UNCHIME.

por:

Ing. Andrés Giordana.

-1967-



919

906

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

ESTUDIO DE CONCENTRACION DE DOS MUESTRAS

DE MINERAL DE HIERRO DE SANTA BARBARA Y UNCHIME

Por: Ing^o. Andrés Giordana

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

MUESTRA DE SANTA BARBARAEtapas de preconcentración

Preparación de la muestra: Se reunieron y mesclaron oportunamente en una sola unidad e montón las 124 muestras entregadas al laboratorio por el Departamento de Geología. Resultó un peso total de kg. 722, que corresponde a un peso medio de kg. 6 por cada muestra.

En las 124 muestras citadas, la potencia de la formación muestreada varía entre un valor mínimo de 0,40 m. y un valor máximo de 8,60 m., con una potencia media de 2,60 m.

Esta muestra total vino dividida en dos partes: una vino triturada, cuarteada y melida para tener la muestra de cabeza para el análisis químico; la otra constituye la cabeza de los ensayos de concentración a efectuarse.

Análisis químico de la cabeza: Ley de Hierro 32,3 %

Trituración de la muestra y lavados: Se tamizó toda la muestra con tamiz de agujeros cuadrados de $\frac{1}{2}$ pulgada; aproximadamente sólo la décima parte en peso de la muestra tiene tamaño mayor de $\frac{1}{2}$ " ; esta fracción es pasada por la chancadora de mandíbulas, hasta que todo resulte menor de $\frac{1}{2}$ ".

Se ha elegido el tamiz $\frac{1}{2}$ ", por ser el límite superior de tamaño admitido en la alimentación del Alto Horno en la planta de Palpalá (38 mm.)

Una vez así reducida toda la muestra bajo $\frac{1}{2}$ pulgada, se la tamiza con los tamices 4 - 14 y 100 de la escala Tyler, obteniendo:

Tabla I - Tamizado de la muestra de cabeza

Tamiz	mm.	pesos		Ley Fe %	Peso x ley
		gms.	%		
+ 4	4,7	321.000.-	93,3	32,4	3022,92
+ 14	1,17	15.530.-	4,5	28,4	127,80
+ 100	0,15	5.290.-	1,5	30,4	45,60
-100		2.387.-	0,7	21,1	14,77
Sumas		344.207.-	100.-		3211,09

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-2-

La distribución en peso entre las varias clases de este sarandee no corresponde al producto de una operación industrial (es decir: explotación minera y primera etapa de la trituración), por ser demasiado elevado el porcentaje de la clase gruesa + 4, y demasiado bajo el porcentaje de la clase fina + 100 mallas; se trata evidentemente de una distribución granulométrica característica de una operación de muestreo hecha a mano con punta y martillo sobre un frente de trinchera.

Han sido elegidos los tamices 4, 14 y 100 por las siguientes razones:

1º) 5 mm. (tamiz 4 mallas) es el límite inferior de tamaño del mineral alimentado al Alto Horno de Palpalá

2º) 14 y 100 mallas proporcionan dos clases con límites granulométricos convenientes para ser concentrados en ciclones con el método de las suspensiones pesadas, según la experiencia ya adquirida por este laboratorio en los ensayos anteriores efectuados sobre muestras de las minas "9 de Octubre" y Puesto Viejo de Altos Hornos Zapla.

Ensayos de preconcentración de la clase + 4 mallas (de 38 a 4.7 mm.)

La concentración se realizó por gravedad, empleando el método de las suspensiones pesadas ("H.M.S." o "Sink and Float"). Como suspensión pesada se empleó una mezcla o pulpa agua-galena (galena molida bajo 300 mallas) de peso específico 3,1; como aparato se utilizó un clasificador hidráulico de rastrillos tipo Derr (large 2 m.; ancho 0,40, con dos rastrillos), oportunamente modificado, con la adición de un rastrillo mecánico para ayudar el rebalse de la fracción que flota.

La tabla que sigue proporciona el resultado de ensayo:

Tabla II - Clase + 4 mallas. Ensayo de "Sink and Float"

Productos	Pesos		Ley Fe%	Peso x Ley	Distribución Fe %
	gramos	%			
Flotado (cola)	37.680.-	42,3	26,6	1125,18	34,6
Hundido (concent.)	51.345.-	57,7	36,8	2123,36	65,4
Sumas	89.025	100.-		3248,62	100.-
Cabeza (análisis)			32,3		

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-3-

Se trata evidentemente de un resultado muy poco satisfactorio: baja ley del concentrado: 36,8% de Fe, y baja recuperación de Fe: 65,4 %. Para descartar la posibilidad de un funcionamiento defectuoso del aparato de concentración, se estudió en la clase citada, en forma teórica, la distribución de los pedases de mineral, en función del peso específico de cada uno. Por carecer de líquidos pesados, la determinación del peso específico de cada pedase de mineral se hizo en forma manual, por medio de la balanza de Mohr, o de una balanza común de dos platillos cuando el peso del pedase sobrepasaba los veinte gramos. Se operó en la siguiente forma: Una muestra de la clase + 4 mallas vino separada por zarandeeo en tres fracciones; según los datos de la tabla siguiente:

Tabla III - Tamizado de la clase + 4 mallas con tamices 5/8 y $\frac{1}{2}$ pulgada

Fracción	pesos		Ley Fe %	Pese x ley
	gramos	%		
+ 5/8"	12583,-	78,5	33,9	2.661,15
+ 1/2"	1626,-	9,3	32,1	298,53
+ 4 mallas	1821,-	12,2	28,7	350,14
%	16030,-	100,-		3.309,82

Se hizo por separado el estudio de las dos fracciones + 5/8 y + $\frac{1}{2}$ pulgada, para ver el grado de reproducibilidad de los resultados; no se estudió la fracción, menos $\frac{1}{2}$ pulgada + 4 mallas, por ser sus pedases demasiado chicos para la determinación manual del peso específico. Las tablas que siguen, IV y V presentan los resultados conseguidos sobre las fracciones + 5/8 y + $\frac{1}{2}$ pulgada:

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA



-4-

Tabla IV - Fracción + $5/8''$ - Distribución de sus partículas según peso específico

Peso específico	Número partículas	Peso		Ley Fe	Peso x ley	Ley P	Peso x ley
		gramos	%				
2,5	2	20,3	0,2	12,8	2,56	0,10	0,02
2,6	7	196,50	1,6	20,9	33,44	0,32	0,512
2,7	17	233,50	1,8	14,8	26,64	0,13	0,234
2,8	27	576,4	4,6	22,2	102,12	0,37	1,702
2,9	40	1122,60	8,9	25,8	229,62	0,32	2,848
3,-	72	1628,-	12,9	29,1	375,39	0,55	7,095
3,1	78	1999,40	15,9	33,-	524,70	0,54	8,586
3,2	74	2403,90	19,1	35,1	670,41	0,58	11,078
3,3	67	1794,70	14,3	38,-	543,40	0,65	9,295
3,4	36	1280,90	10,2	42,-	428,40	0,59	6,018
3,5	32	935,-	7,4	42,2	312,28	0,60	4,44
3,6	8	166,70	1,3	47,1	61,23	0,45	0,585
3,7	5	225,1	1,8	44,3	79,74	0,56	1,008
Sumas	465	12583,-	100,-		3389,93		53,421

Tabla V - fracción + $\frac{1}{2}''$. Distribución de sus partículas según peso específico

Peso específico	Número partículas	Peso		Ley Fe %	Peso x ley
		gramos	%		
2,5	1,	3,94	0,2	12,4	2,48
2,6	10	55,22	3,4	17,7	63,72
2,7	18	100,16	6,2	10,9	67,58
2,8	23	120,83	7,4	24,4	180,56
2,9	23	111,63	6,9	27,3	188,37
3,-	37	213,12	13,1	28,-	366,80
3,1	51	283,08	17,4	32,4	563,76
3,2	49	253,08	15,6	34,7	541,32
3,3	46	231,42	14,2	38,2	542,44
3,4	17	89,36	5,5	39,8	218,90
3,5	13	72,41	4,4	45,2	198,88
3,6	8	41,28	2,5	47,2	118,-
3,7	5	33,81	2,1	47,-	98,7
3,8	1	12,30	0,8	53,2	42,56
3,9	1	4,43	0,3	52,8	15,84
Sumas	303	1626,07	100,-		3209,91

Con los datos de estas dos tablas, se han construido los diagramas de las figuras 1, 2 y 3.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-5-

La figura 1, muestra la distribución de las partículas (pesos parciales de cada grupo) según el peso específico: las curvas son prácticamente iguales para las dos fracciones + $5/8$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas; presentan un máximo en correspondencia de pesos específicos 3,1 y 3,2; la diferencia de peso específico entre las partículas más livianas y las más pesadas, considerando únicamente los porcentajes superiores a 2%, es de sólo 1, una unidad. A título comparativo, confrontese esta distribución con la correspondiente del mineral de la mina "9 de Octubre", figura 4, sacada de un estudio hecho para Altos Hornos Zapla.

La figura 2 proporciona las curvas de las leyes elementales para las dos fracciones + $5/8$ y + $\frac{1}{2}$: los grupos de partículas de distinto peso específico se encuentran apilados sobre el eje de las ordenadas desde el más liviano arriba hasta el más pesado abajo, como una sucesión de capas: en correspondencia de la ordenada media de cada capa está la correspondiente ley de hierro. Las dos curvas son muy parecidas: el curso predominantemente rectilíneo de las mismas, y su pronunciada pendiente con la horizontal, son un índice de la poca concentrabilidad del mineral.

La figura 3 muestra como varían las leyes de hierro y de fósforo en función del peso específico.

Volviendo al resultado poco satisfactorio del ensayo de "Sink and Float" sobre la clase + 4 mallas de la tabla II, vemos cual hubiera podido ser el resultado en el caso de un funcionamiento perfecto teórico de la operación de concentración; y para simplificar consideramos únicamente la fracción + $5/8$, que, según la tabla III, es la parte preponderante, 78,5% en peso, de la clase + 4 mallas; la tabla IV muestra la composición de esta fracción; sobre esta tabla practiquemos con el cálculo un corte en correspondencia del peso específico 3,1, como lo haríamos con un líquido pesado, separando dos productos: la fracción liviana de 2,5 hasta 3,1 inclusive, y la fracción pesada todo lo demás, mayor de 3,1; resulta de este cálculo el siguiente resultado teórico:

FIGURA 1

DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS SEGÚN PESO ESPECÍFICO

SANTA BÁRBARA

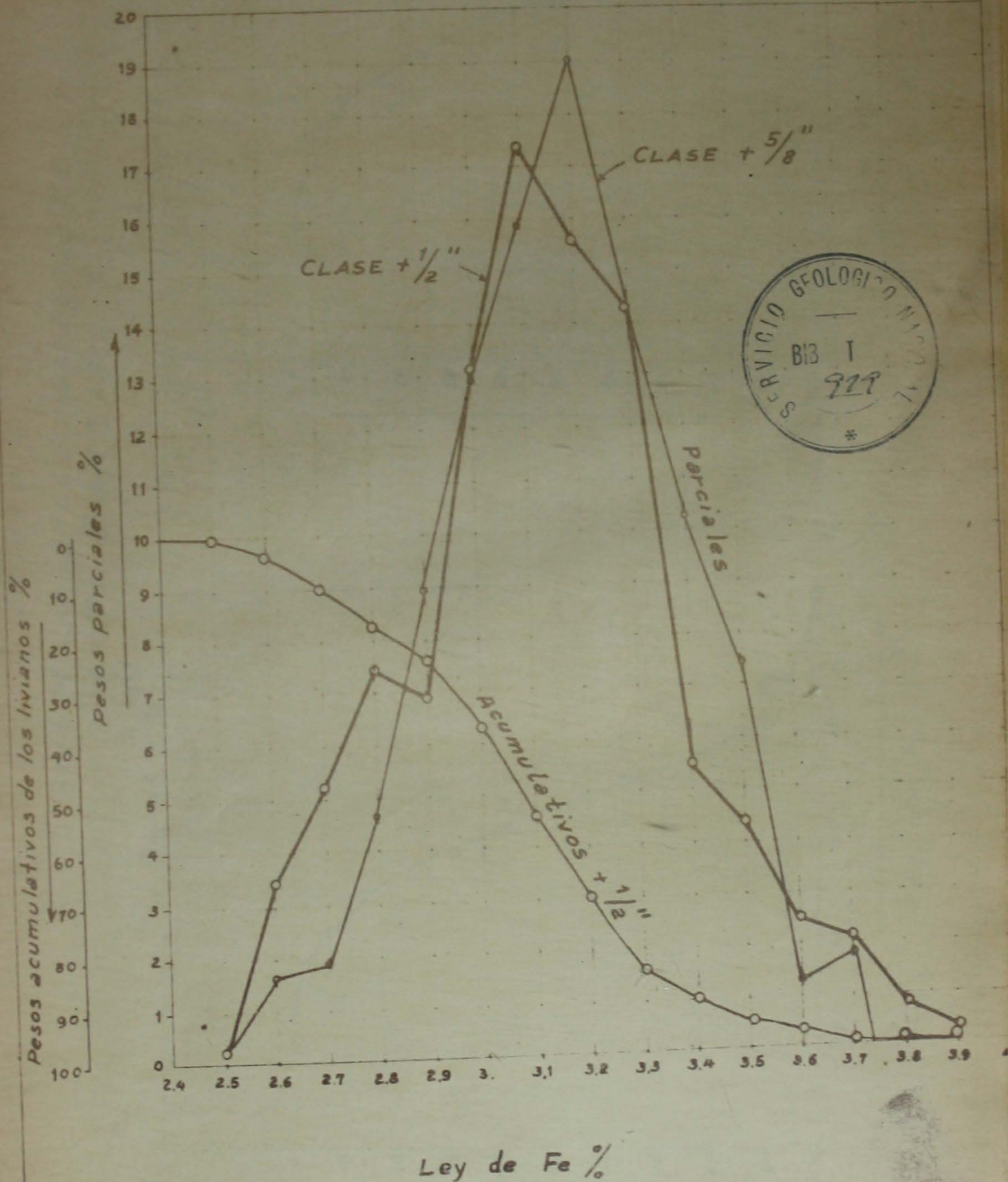


FIGURA 2

CURVAS DE LAS LEYES FUNDAMENTALES
SANTA BÁRBARA

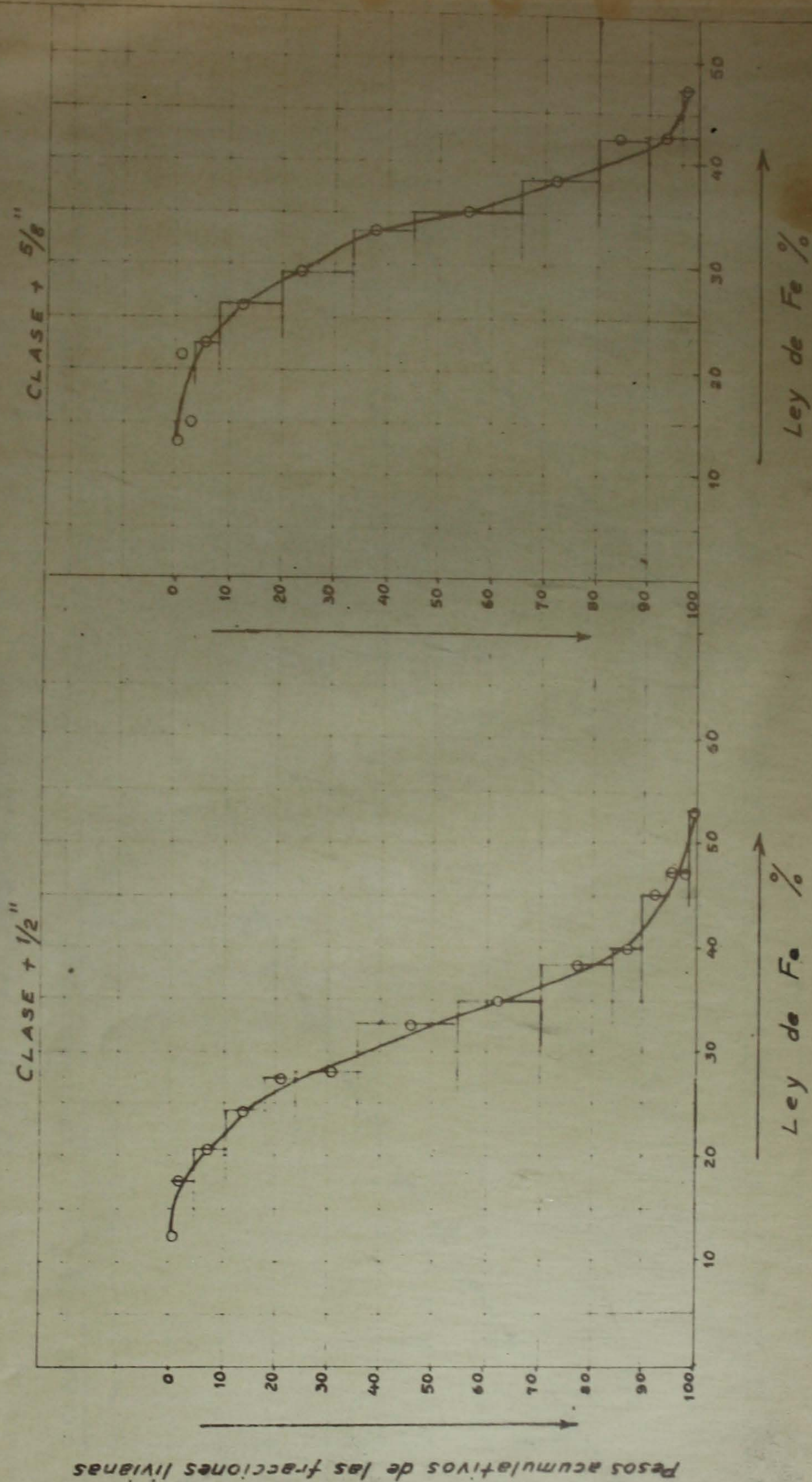
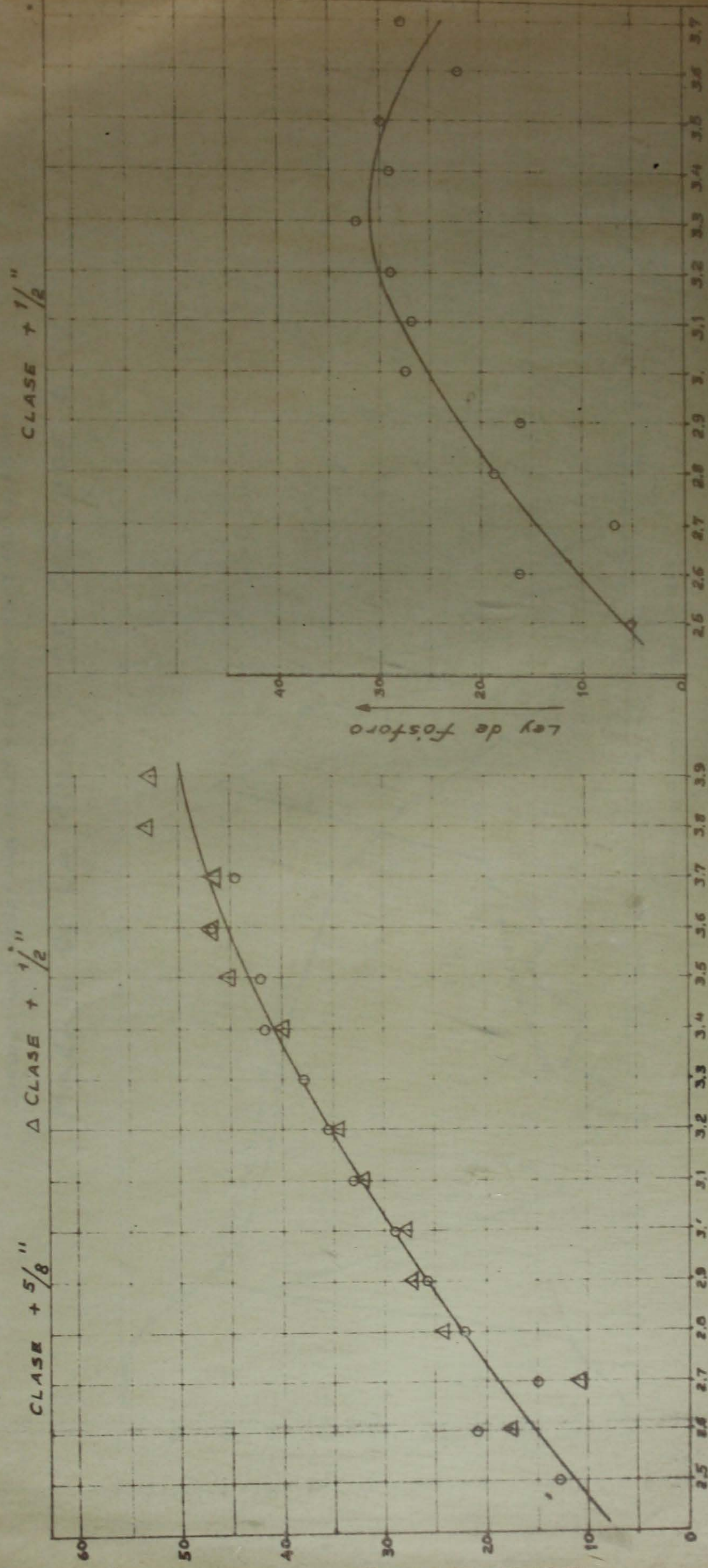


FIGURA: 3

DISTRIBUCION LEYES DE HIERRO Y FOSFORO SEGUN PESO ESPECIFICO

SANTA BARBARA



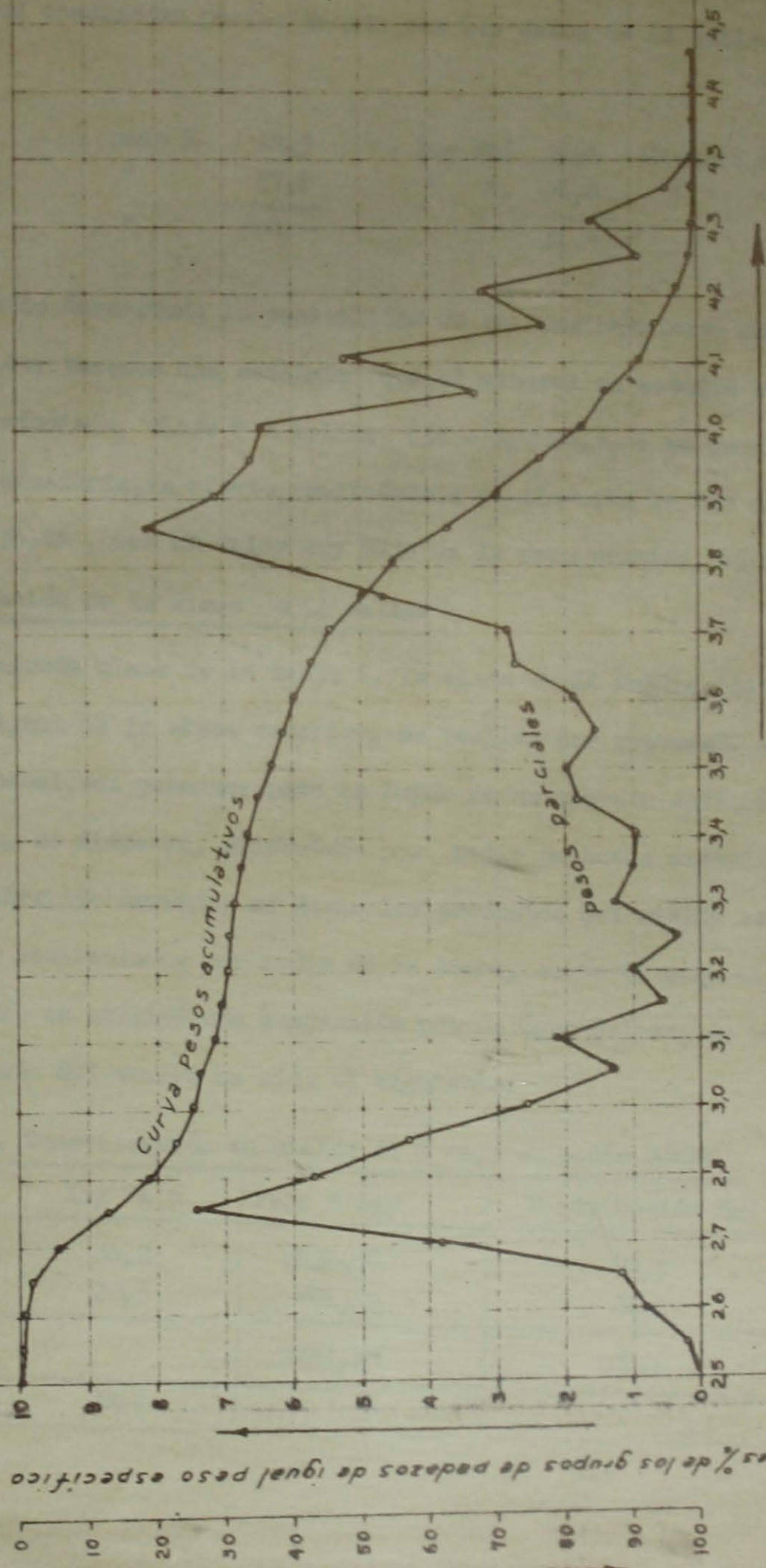
Pesos específicos

Pesos específicos

FIGURA 4.

FRACCIÓN + $\frac{1}{2}$ " DE LA CLASE + 4 MALLAS. PESOS ESPECÍFICOS DE N° 717 PEDAZOS DE MINERAL (DETERMINACIÓN MANUAL)
CURVA DE LOS PESOS PARCIALES Y DE LOS PESOS ACUMULATIVOS

MINERAL DE LA MINA "9 DE OCTUBRE A.H.Z.



Pesos específicos de los pedazos de mineral

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-6-

fracción liviana	peso %	45,9	ley Fe%	28,2	distrib.	
Fracción pesada	"	54,1	" "	38,7	"	"
cabeza o suma		100,-		33,9		100,-

Estos resultados concuerdan perfectamente con los datos de la tabla II, que reproducimos en parte:

flotado	peso %	42,3	ley Fe%	26,6	distrib. Fe%	34,6
hundido	"	57,7	" "	36,8	" "	65,4
cabeza o suma	"	100,-		32,5		100,-

Queda por lo tanto descartada la posibilidad de un funcionamiento defectuoso del ensayo de concentración; tenemos que concluir que el mineral en estudio no es apto, en la granulometría estudiada, clase + 4 mallas (38 - 4,7 mm.), o no permite una preconcentración satisfactoria, en efecto, realizándola se elevaría la ley de hierro solamente de 32,5% a 36,8%, con un valor muy bajo de la recuperación, 65,4%.

Ensayo de preconcentración de la clase + 14 mallas

Se ensaya la segunda clase de la tabla I, la clase + 14 mallas (4,7 - 0,85 mm.). La concentración, al igual de la clase anterior, se realiza por gravedad, empleando el proceso de las suspensiones pesadas; pero en lugar de un aparato estático, se utiliza un ciclón de 9 cm. de diámetro, alimentado por medio de bomba centrífuga; el funcionamiento es en circuito cerrado; es decir los productos del ciclón caen en un tanque y vuelven a ser recirculados por medio de la bomba, según el esquema de la figura 5. Como medio denso se utilizó una suspensión pesada agua-galena, de peso específico 2,77. El resultado del ensayo ha sido el siguiente:

Tabla VI^a- Clase + 14 . Concentración en ciclón de 9 cm., en medio denso

Productos	Pesos	Ley Fe %	Peso x ley	Distribución Fe%
Concentrado	57,5	36,2	2031,50	70,5
Cola	42,5	20,5	871,25	29,5
Sumas	100,-		2952,75	100,-
Análisis cabeza		28,4		

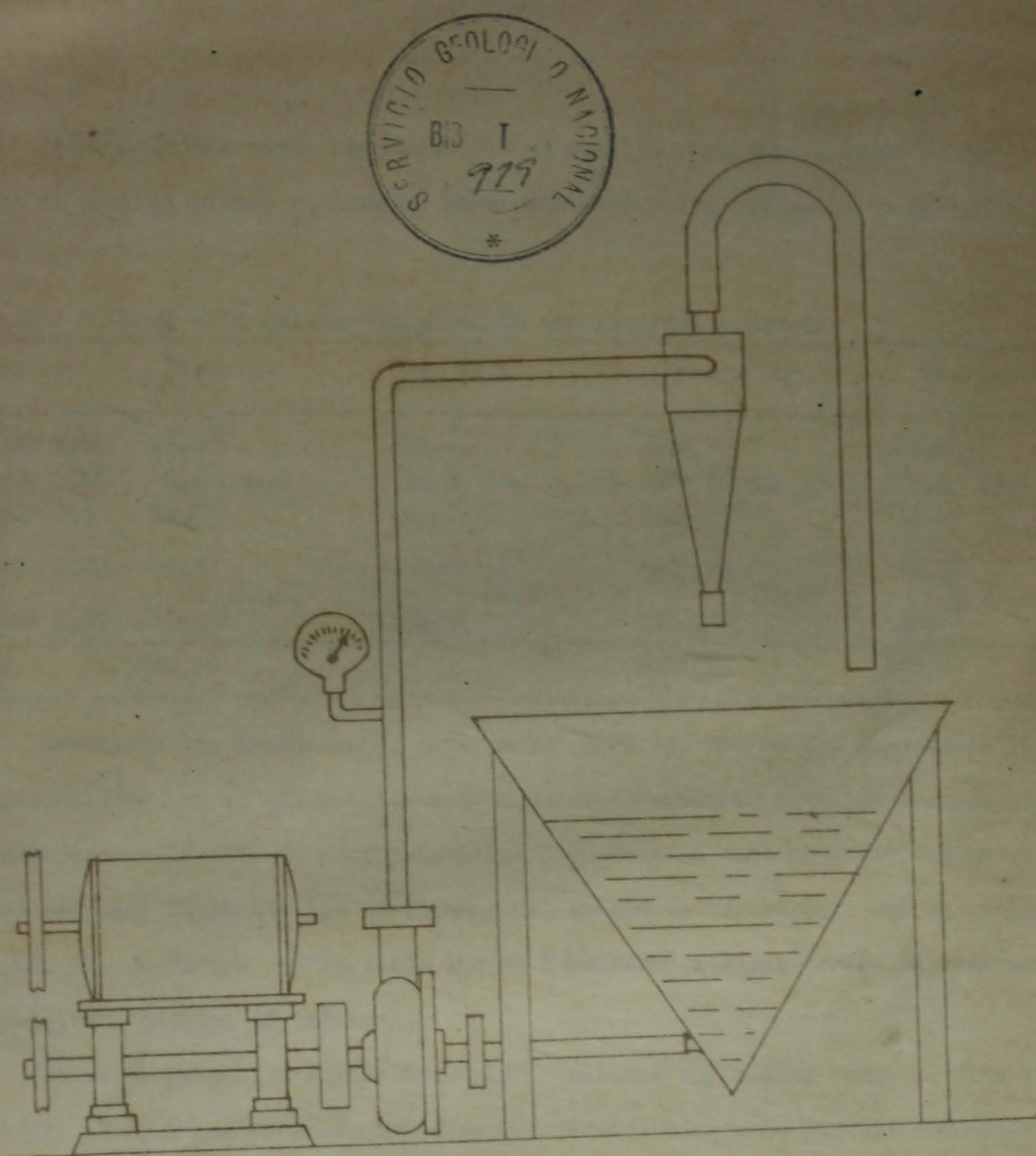


FIGURA 5

CIRCUITO DEL CICLÓN

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-7-

Para confrontar este resultado con el posible resultado teórico óptimo para el mineral mismo, se hizo la siguiente separación por medio de líquidos pesados:

Tabla VII - Clase +14 mallas - Separación con líquidos pesados.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distrib. Fe %
flotado 2,86	25,1	13,-	326,3	11,6
flotado 2,94	8,3	22,6	187,58	6,6
flotado 3,1	12,9	25,5	328,95	11,7
flotado 3,49	42,3	34,7	1467,81	52,1
hundido 3,49	11,4	44,5	507,30	18,-
Sumas	100,-		2817,94	100,-

Reuniendo los productos de esta tabla según las llaves que figuran en la misma, se obtienen con el cálculo los valores correspondientes a una separación teórica perfecta con un líquido de peso específico 3,1. Como es dado observar, estos valores reproducen casi fielmente los resultados del ensayo de laboratorio con el ciclón, de la tabla VI. Se deduce por lo tanto que el funcionamiento del ciclón ha sido casi perfecto, muy próximo al teórico.

Se concluye que la preconcentración realizada sobre esta clase es poco satisfactoria, al igual de la clase anterior + 4 mallas, siendo la ley del concentrado de 36,2 % con una recuperación del hierro del 70,5 %.

Si se quisiera conseguir un concentrado de más alta ley, por ejemplo 44,5 % de Fe, sería posible, pero la recuperación del hierro en este concentrado sería sólo del 18%, valores correspondientes al producto hundido en 3,49 de la tabla VII.

Ensayo de preconcentración de la clase + 100 mallas. (1,2 - 0,15 mm.)

Se ensaya la tercera clase de la tabla I. También esta clase, al igual de la anterior, ha sido concentrada en un ciclón de 9 cm., con medio denso agua-galena de peso específico 2,77, obteniendo el siguiente resultado:

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y



-8-

Tabla VIII - Clase +100 mallas - Concentración en ciclón de 9 cm., en medio denso

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distrib. Fe %
Concentrado	55,2	37,3	2058,96	67,6
Cela	44,8	22,-	985,60	32,4
Sumas	100,-		3044,56	100,-
Análisis cabeza		30,4		

Para tener un término de confrontación, sobre la misma clase se hizo la siguiente separación por medio de líquidos pesados:

Tabla IX - Clase +100 mallas. Separación con líquidos pesados:

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	
Flotado 2,86	22,7	11,8	267,86	9,-
Flotado 2,94	4,5	19,7	88,65	3,-
Flotado 3,1	12,5	24,5	306,25	10,3
Flotado 3,49	36,7	33,8	1240,46	41,8
Hundido 3,49	23,6	45,2	1066,72	35,9
Sumas	100,-		2969,94	100,-

Reuniendo los productos de esta tabla según las llaves que figuran en la misma, se obtienen con el cálculo los valores correspondientes a una separación teórica perfecta con un líquido de peso específico 3,1. Como es dado observar, estos valores difieren ahora substancialmente de los resultados del ensayo con el ciclón, en mayor medida que para la clase anterior; en efecto el concentrado del ciclón presenta una ley de 37,3 con una recuperación de 67,6 %; mientras que la tabla anterior IX muestra un hundido acumulativo en 3,1 con los valores: ley 38,2; recuperación 77,7.

La mayor diferencia que resulta para esta clase +100, entre el resultado práctico del ciclón y el dato teórico de la separación con líquidos pesados, se debe a dos causas principales: 1º) se trata de una clase fina, al límite del campo granulométrico de empleo del proceso de concentración por medios densos en ciclones.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-9-

2º) La variación de tamaño presente en esta clase, de 1,17 a 0,15 mm., es prepercionalmente muy superior a la variación de tamaño presente en la clase anterior, de 4,7 a 1,17; y este espectro granulométrico más amplio disminuye la eficiencia del ciclón.

Conclusiones sobre resultados de los ensayos de precentración.

Se han hecho ensayos de precentración sobre tres clases, de mayor a menor.

La tabla que sigue sintetiza los resultados conseguidos sobre las tres clases:

Tabla Xº - Precentración de las tres clases + 4 + 14 + 100 mallas

Resultados de ensayos de laboratorios

Cabezas			Concentrados			Celos		
clase	pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe%
+ 4	93,3	32,4	57,7	36,8	65,4	42,3	26,6	34,6
+ 14	4,5	28,4	57,5	36,2	70,5	42,5	20,5	29,5
+ 100	1,5	30,4	55,2	37,3	67,6	44,8	22,-	32,4
	100,-							

Observando las columnas verticales de esta tabla, se nota que los resultados conseguidos sobre las tres clases son parecidos: en efecto las leyes de hierro de los concentrados son 36,8 36,2 37,3 y las recuperaciones en los concentrados son 65,4 70,5 67,6/

La tabla que sigue sintetiza los resultados teóricos conseguidos sobre las tres clases, con separación manual o por líquidos pesados:

Tabla XI - Separación teórica de las tres clases, según peso específico 3,1

Clase	PRODUCTOS					
	Peso específico mayor 3,1			Idem menor 3,1		
	Pesos%	Ley Fe%	Distribuc. Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe %
Fración + 5/8"	54,1	38,7	61,8	45,9	28,2	38,2
Clase + 4						
Clase + 14	53,7	36,8	70,1	46,3	18,2	29,9
Clase + 100	60,3	38,2	77,7	39,7	16,7	22,3

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-10-

Los datos teóricos son muy próximos a los resultados prácticos conseguidos para las dos primeras clases + 4 y + 14; la diferencia es algo mayor para la última clase + 100.

En conclusión, una operación de preconcentración por el método de medios pesados, con peso específico 3,1 efectuada sobre el mineral en estudio puede conseguirse elevar la ley al 37% de hierro; siendo la recuperación del 65 - 70%. Y se es dado esperar de este mineral resultados más satisfactorios, por el hecho que una separación perfecta realizada con líquidos pesados arrojó resultados muy parecidos.

A la pregunta: ¿Cuál sería el resultado de la separación con un medio pesado de peso específico más elevado, por ejemplo 3,4 en lugar de 3,1? la contestación está dada por la tabla siguiente: cuyos valores han sido sacados de las tablas IV, VII y IX:

Tabla XII - Separación teórica de las tres clases, con peso específico 3,4

Clase	Productos					
	Peso especif. mayor 3,4			Idem menor 3,4		
	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe %	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe %
+ 4						
fracción + 5/8"	10,5	43,1	13,3	89,5	32,8	86,7
+ 14	11,4	44,5	18	88,6	26,1	82,-
+ 100	23,6	45,2	35,9	76,4	24,9	64,1

Recorriendo las columnas verticales de esta tabla se observa que los valores de la ley de hierro y de la recuperación de los productos mayor de 3,4 van creciendo de arriba hacia abajo

leyes de hierro	43,1	44,5	45,2%
recuperación de hierro	13,3	18,-	35,9%

hecho que demuestra la gradual mayor liberación entre partes ricas y partes pobres de la mena, mano a mano que disminuye la granulometría de la clase experimentada, es decir, pasando de la clase gruesa + 4 a las clases más finas + 14 y + 100. Se habla de partes ricas y partes pobres de la mena, por el hecho que recién al tamaño de 100 mallas (0,15 mm.) empieza a producirse la liberación de las partículas o granos de la arenisca lutítica que constituye la mena en estudio.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-11-

MUESTRA DE UNCHIREEtapas de preconcentración

Preparación de la muestra: Se reunieron y mezclaron oportunamente en una sola unidad e montón las 272 muestras entregadas al laboratorio por el Departamento de Geología. Resultó un peso total aproximado de 960 kilos, lo que corresponde a un peso medio de 3,4 kilos por cada muestra.

La potencia de la formación ferrífera muestreada en las 272 trincheras varía entre un valor mínimo de 0,61 m. y un valor máximo de 18,37 m., con una potencia media de 3,76 m.

Esta muestra total vino dividida en dos partes: una vino triturada, muestreada y melida para efectuar el análisis químico de la cabeza; la otra mitad constituye la cabeza de los ensayos de concentración a efectuarse.

Análisis químico de la cabeza: ley de hierro 34, - %

Tamizado de la muestra: sin necesidad de triturarla, toda la muestra resulta menor de $1\frac{1}{2}$ pulgadas (38 mm.) Se la tamiza con los tamices 4, 14 y 100 de la escala Tyler, obteniendo:

Tabla XIII - Tamizado de la muestra de cabeza

Tamis		Pesos		Ley Fe %	Peso x ley
mallas	mm.	gramos	porcentaje		
+ 4	4,7	222.000	93,2	35,5	3308,60
+ 14	1,2	10.450	4,4	30,7	135,08
+ 100	0,15	4.935	2,1	32,4	68,04
- 100		655	0,3	21,-	6,3
Sumas		238.040	100.-		3517,72

Sobre el resultado de este tamizado y sobre la elección de los tamices 4, 14 y 100 valen las mismas consideraciones ya hechas para la muestra anterior de Santa Bárbara, pág. 1 y 2.



Ensayo de preconcentración de la clase + 4 mallas por medio del proceso de "Sink & Float", en un aparato estático, al igual de Santa Bárbara. Como suspensión pesada se ha empleado una mezcla o pulpa agua-galena, de peso específico 3,1. El resultado del ensayo ha sido el siguiente:

Tabla XIV - Clase + 4 mallas. Ensayo de "Sink & Float"

Productos	Pesos		Ley Fe %	Pese x ley	Distrib. Fe %
	gramos	porcentaje			
Flotado o celda	20000,-	23,6	21,4	505,04	14,8
Hundido o concentrado	64760,-	76,4	38,2	2918,48	85,2
Sumas	84760,-	100,-		3423,52	100,-
Cabeza % (análisis)			35,5		

El resultado es un preconcentrado con una ley de 38,2 % de hierro, que recupera el 85,2% del hierro contenido en la cabeza; resultado algo superior al correspondiente conseguido con la muestra de Santa Bárbara, que era: ley 36,8 y recuperación 65,4%.

Para poder juzgar el grado de perfección del funcionamiento del Sink & Float, se estudió, en forma teórica perfecta, la distribución de los pedazos de mineral, en función del peso específico de cada uno, como se hizo para el mineral de Santa Bárbara. Se operó en la siguiente forma:

Una muestra de la clase + 4 mallas vino zarandeada según la tabla siguiente:

Tabla XV - Tamizado de la clase + 4 con tamices 5/8 y 1/2 pulgada.

Fracción	Pesos		Ley Fe %	Pese x ley
	gramos	porcentaje		
+ 5/8"	10.809,9	72,1	35,7	2573,97
+ 1/2 "	1.373,23	9,2	34,6	318,32
+ 4 mallas	2.800,-	18,7	32,8	613,36
	14.983,1	100,-		3505,65
Análisis			35,5	

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-13-

Se hizo por separado el estudio de las dos fracciones $\pm 5/8$ y $\pm 1/2$ pulgada para ver el grado de reproducibilidad de los resultados; no se estudió la fracción ± 4 mallas, por ser sus pedaces muy chicos para la determinación manual del peso específico. Las tablas que siguen, XVI y XVII, presentan los resultados conseguidos sobre las fracciones $\pm 5/8$ y $\pm 1/2$ pulgada.

Tabla XVI - Fracción $\pm 5/8$ - Distrib. de sus partículas según peso específico

Peso espec.	Número partículas	Pesos		Ley Fe%	Peso x Ley	Ley P	Peso x ley
		gramos	porcentaje				
2,6	4	51,2	0,5	9,2	4,6		
2,7	13	150,-	1,4	15,1	21,14		
2,8	10	184,1	1,7	17,8	30,26		
2,9	39,-	685,4	6,3	21,6	136,08		
3,-	45	980,5	9,1	25,9	235,69		
3,1	51	1060,4	9,8	29,7	291,06		
3,2	51	1239,5	11,5	33,2	381,80		
3,3	54	1392,8	12,9	37,2	479,88		
3,4	61	1532,8	14,2	37,8	536,76		
3,5	44	1113,9	10,3	42,2	434,66		
3,6	38	1153,3	10,7	44,3	474,01		
3,7	28	716,4	6,6	45,9	302,94		
3,8	14	249,-	2,3	47,3	108,79		
3,9	11	209,2	1,9	49,3	93,67		
4,-	5	91,4	0,8	52,1	41,68		
Sumas	468	10809,9	100,-		3573,02		

Tabla XVII - Fracción $\pm 1/2$ " Distrib. de sus partículas según peso específico

Peso espec.	Número partículas	Pesos		Ley Fe%	Peso x Ley	Ley P	Peso x ley
		gramos	porcentaje				
2,5	2	6,51	0,5	7,7	3,85	0,06	0,030
2,6	5	17,92	1,3	16,4	21,32	0,24	0,312
2,7	9	33,24	2,4	15,3	36,72	0,11	0,264
2,8	12,-	48,65	3,6	21,5	77,40	0,28	1,008
2,9	20	102,05	7,4	22,2	164,28	0,51	3,774
3,-	29	159,64	11,6	25,4	294,64	0,38	4,408
3,1	21	122,63	8,9	30,3	269,67	0,34	3,026
3,2	27	160,11	11,7	34,3	401,31	0,39	4,563
3,3	26	149,46	10,9	34,7	378,23	0,45	4,905
3,4	31	183,21	13,4	38,3	513,22	0,38	5,092
3,5	20	141,98	10,3	42,5	437,75	0,55	5,665
3,6	20	113,03	8,2	45,8	375,56	0,54	4,428
3,7	10	60,82	4,4	47,2	207,68	0,58	2,552
3,8	7	44,41	3,2	48,8	156,16	0,45	1,440
3,9	4	22,98	1,7	53,6	91,12	0,56	0,952
4,-	1	6,59	0,5	52,7	26,35	0,56	0,280
Sumas	244	1373,23	100,-		3455,26		42,699

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA



-14-

Con los datos de estas dos tablas, se han construido los diagramas de las figuras 6, 7 y 8.

La figura 6 muestra la distribución de las partículas (pesos parciales de cada grupo) según el peso específico; las curvas son prácticamente iguales para las dos fracciones $+ 5/8^a$ y $+ 1/2^a$; ambas presentan un máximo en correspondencia del peso específico 3,4 (valor que para Santa Bárbara era de 3,- y 3,1); la diferencia de peso específico entre las partículas más livianas y las más pesadas (considerando únicamente los porcentajes superiores al 2%), sigue siendo de sólo una unidad, como para Santa Bárbara.

La figura 7 proporciona las curvas de las leyes elementales para las dos fracciones $+ 5/8^a$ y $+ 1/2^a$; los grupos de partículas de distinto peso específico se encuentran apiladas sobre el eje de las ordenadas, desde el más liviano arriba hasta el más pesado abajo, como una sucesión de capas; en correspondencia de la ordenada media de cada capa está la correspondiente ley media de hierro. Las dos curvas son muy parecidas; el curso predominantemente rectilíneo de las mismas, y su pronunciada pendiente con la horizontal, son un índice de la poca concentrabilidad del mineral.

La figura 8 muestra como varían las leyes de hierro y fósforo en función del peso específico.

Confrontamos ahora la distribución teórica de las partículas según el peso específico, con el resultado del ensayo de Sink & Float; y para simplificar consideramos únicamente la fracción $+ 5/8^a$, que según la tabla XV es el 72,1% en peso de la clase $+ 4$ mallas. La tabla XVI muestra la composición de esta fracción; sobre esta tabla practicamos con el cálculo un corte en correspondencia del peso específico 3,-, como lo haríamos con un líquido pesado, separando dos productos: la fracción liviana de 2,6 hasta 3,- incluido, y la fracción pesada, todo lo demás, mayor de 3,-; resulta de este cálculo el siguiente resultado teórico:

FIGURA 6
DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS SEGÚN PESO ESPECÍFICO
UNCHIMÉ

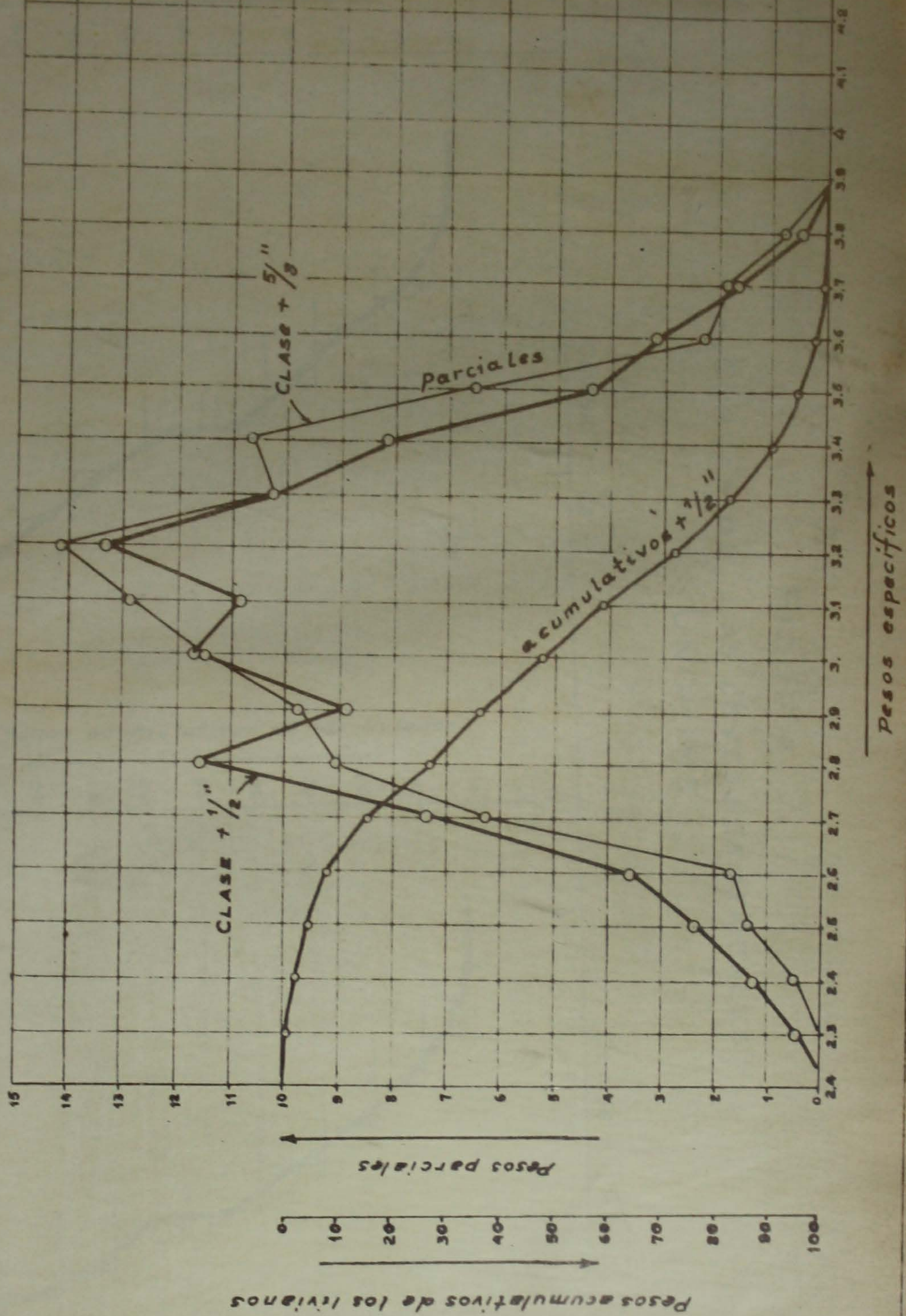
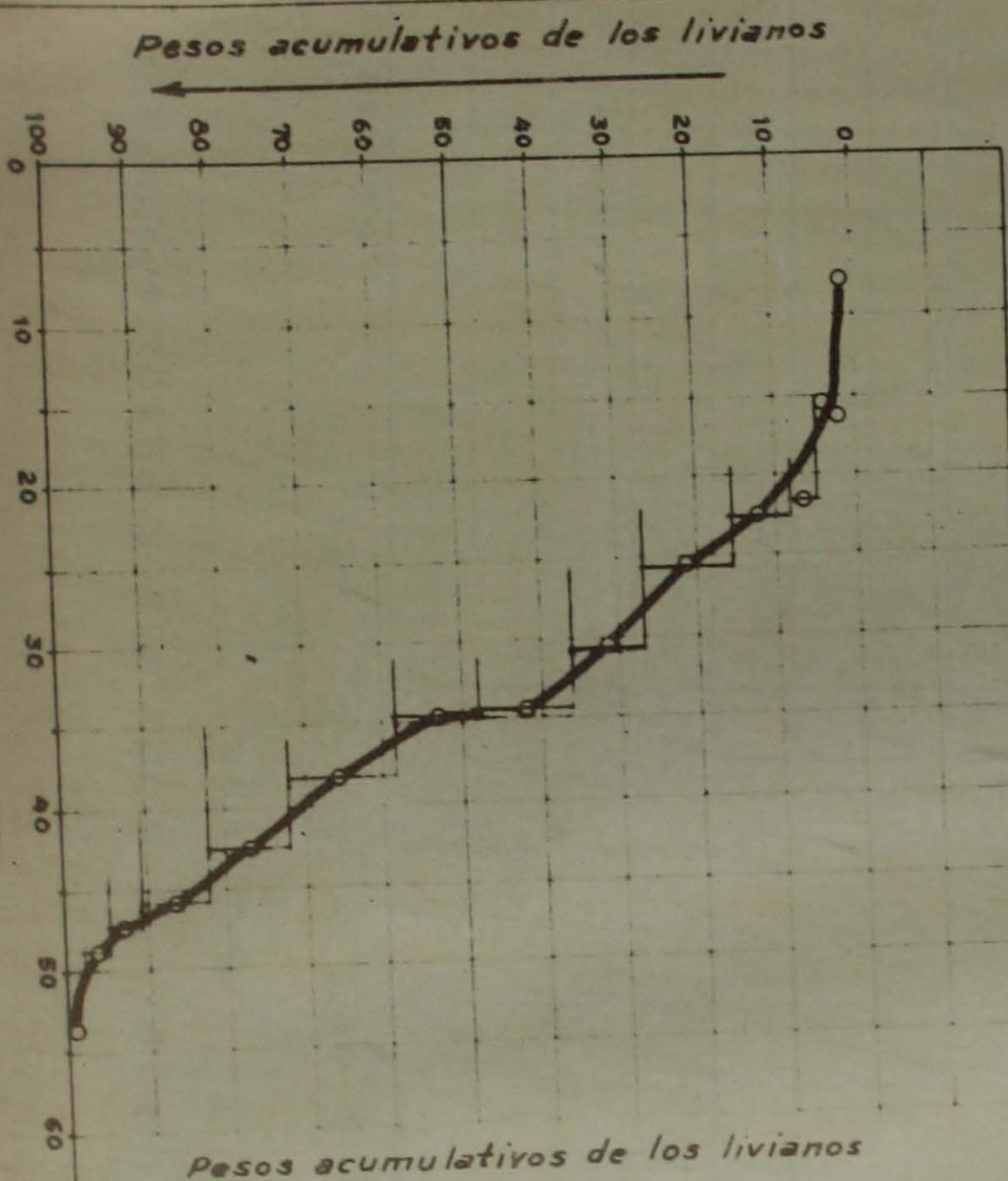


FIGURA 7
CURVAS DE LAS LEYES ELEMENTALES
UNCHIME

CLASE + $\frac{1}{2}$ "



CLASE + $\frac{5}{8}$ "

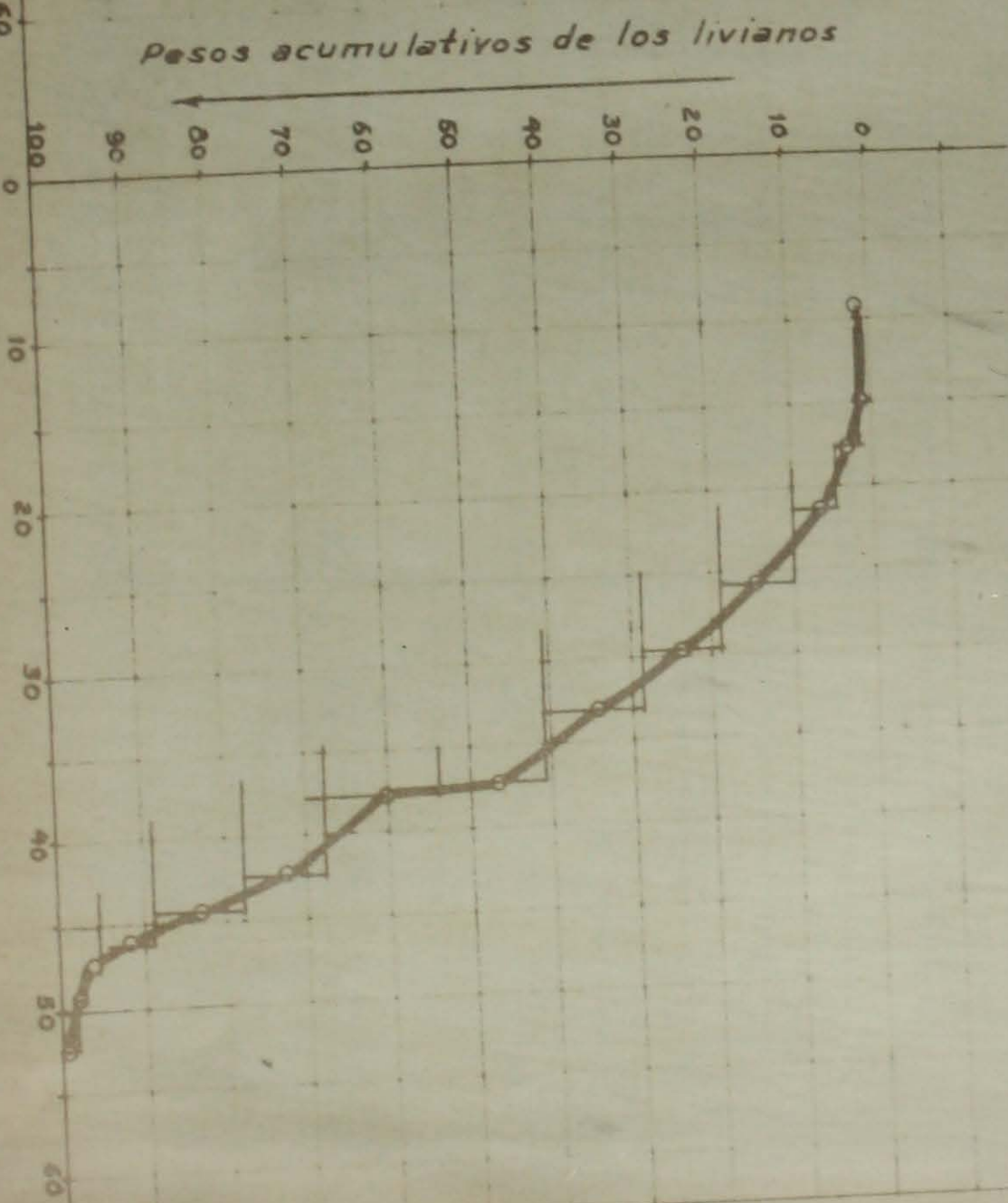


FIGURA 8

VARIACIÓN LEYES DE HIERRO Y FÓSFORO SEGÚN PESO ESPECÍFICO
UNCHIMÉ

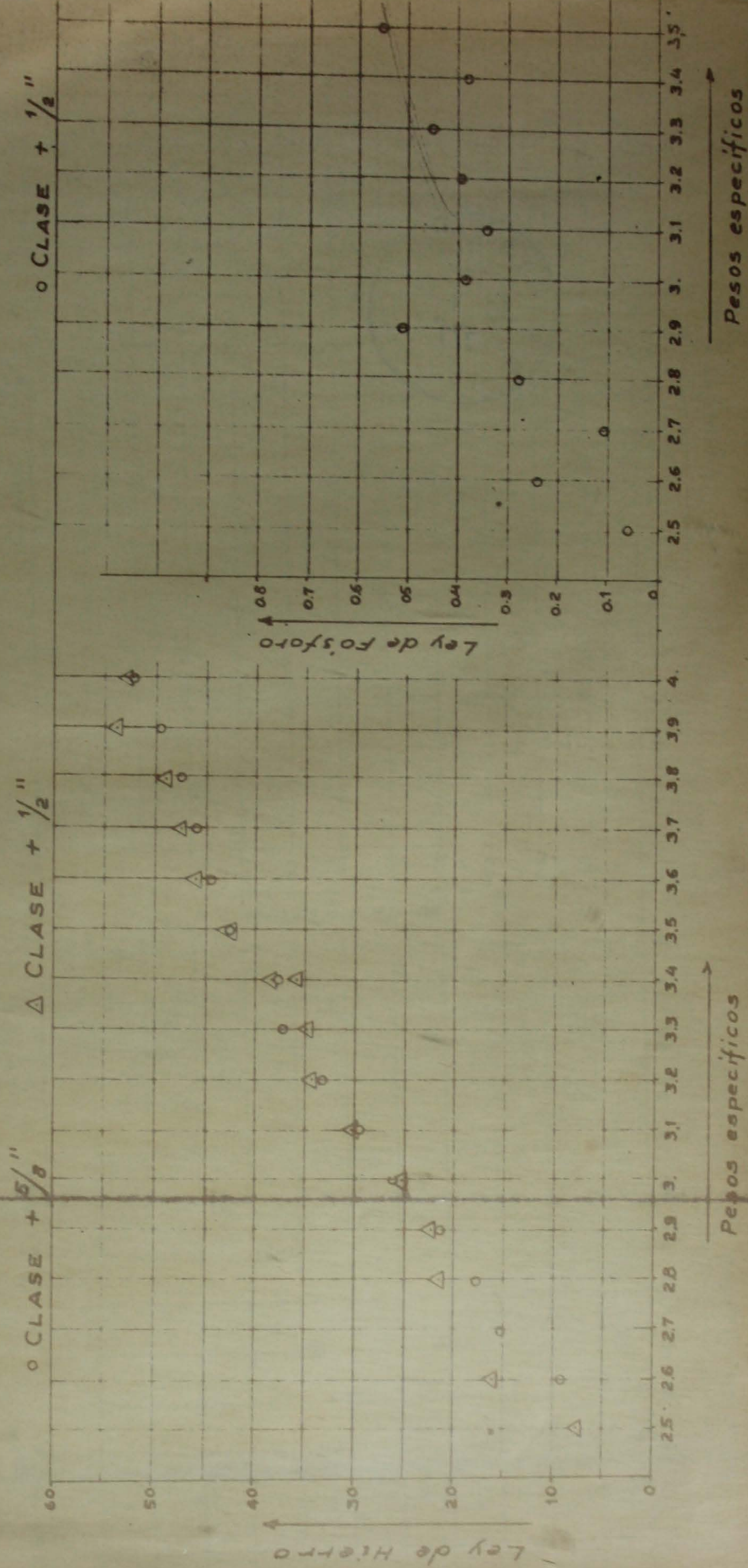
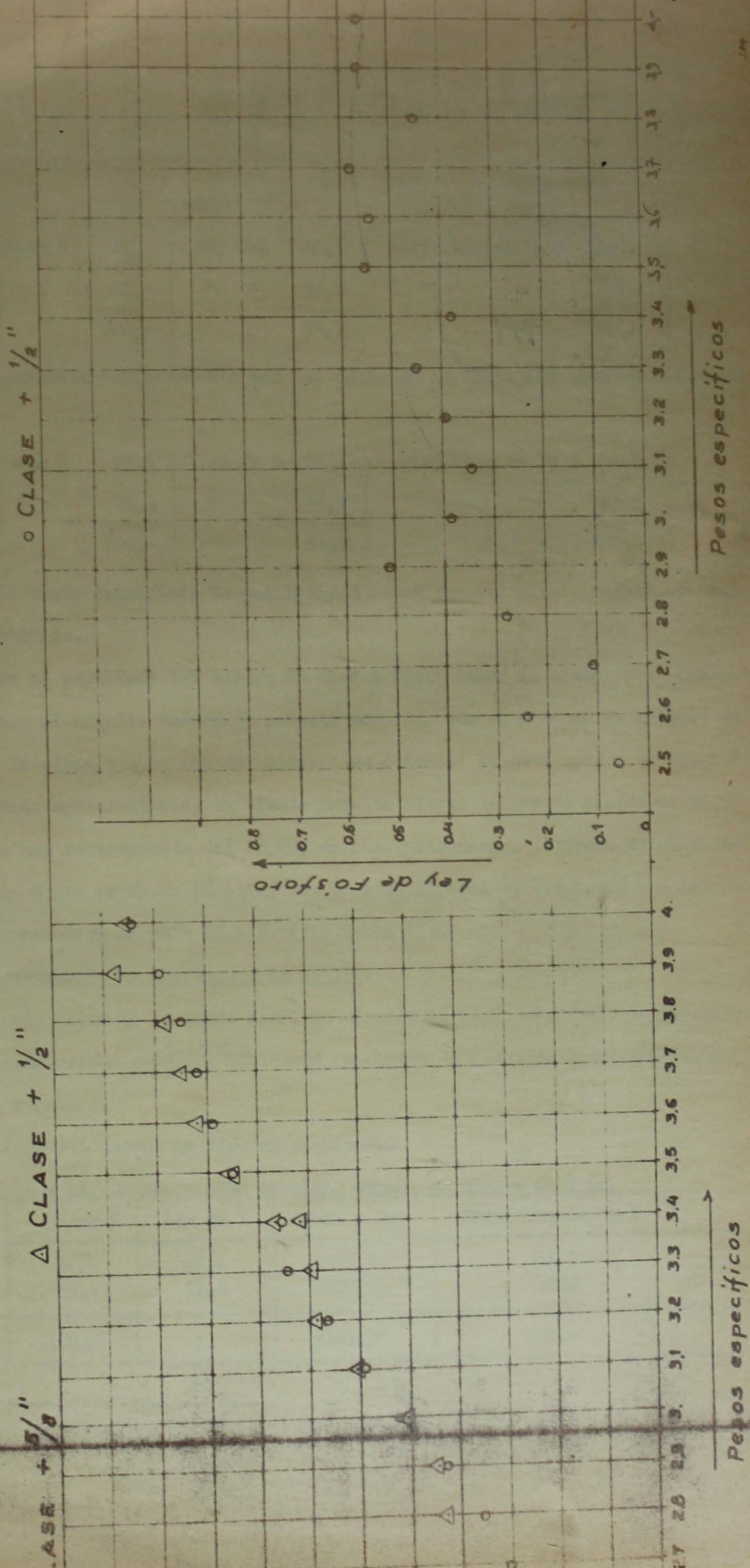




FIGURA 8

VARIACIÓN LEYES DE HIERRO Y FÓSFORO SEGÚN PESO ESPECÍFICO
UNCHIMÉ



on parties:

Netade	pese %	ley Fe %	Distribucion Fe %
hundi	76,4	38,2	85,2
cabesa	100,-	35,5	100,-

Queda por lo tanto descartada la posibilidad de un funcionamiento defectuoso del

enlarge de concentration.

Considerando el resultado del ensayo de Stark & Fleet sobre la clase + 4, (result-

Un último, o mejor la clase + 4 mallas del mineral en estudio, es poco apta o no permite

una preconcentración salinifera; en efecto permite elevar la ley de hierro de 35,5

a 61.0 38,2 % con una recuperación del 85,2%, de cualquier manera se trata de resulta-

des muy superiores a los de Santa Bárbara, con el cual mineral se consiguió una ley de

36,8% con una recuperación de sólo 65,4%. (ver tabla II).

~~Exposé de présentation de la classe + 1/4 million.~~

Se ensaya la segunda clase de la tabla XIII, la clase + 14 (4,7 - 1,2 mm). Se encuentra en medio de una masa de agua salada, depositada en un cilindro de 9 cm. de diámetro, según

01 equina de la figura 5.

El resultado del ensayo ha sido el siguiente:

Tabla XVII - Clase + 14. Concentración en medio denso, en gelatin de 9 cm.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribucion Po %
Concentrado	44.6	43.6	1944.56	61.7
Cola	55.4	21.8	1207.72	38.3
Sumas	100.-		3152.28	100.-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-16-

Para conocer la real composición de esta clase en función del peso específico, y por lo tanto poder estimar el grado de perfección de este ensayo, se efectuó sobre la misma muestra una separación con líquidos pesados, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla XII - Clase + 14. Separación con líquidos pesados

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distrib. Fe%
Flotado 2,86	22,6	13,8	311,88	10,-
Flotado 2,96	3,-	19,2	57,6	1,8
	25,1	21,7	1286,95	41,1
Flotado 3,20	24,3	25,3	614,79	19,6
Flotado 3,33	9,2	32,9	302,68	9,7
Hundido 3,33	40,9	45,1	1844,59	58,9
Sumas	100,-		3131,54	100,-

Considerando, en esta tabla, el producto hundido en 3,33 como concentrado, y el conjunto de todos los flotados, con los valores según las llaves, como cola e estéril, se puede observar que la separación con líquidos pesados difiere muy poco de la separación conseguida en el ciclón; en efecto:

concentrado del ciclón, ley Fe % 43,6 Recuperación Fe% 61,7

hundido 3,33 " " 45,1 " " 58,9

Ensayo de preconcentración de la clase + 100 mallas (1,2 - 0,15 mm.)

Se ensaya la tercera clase de la tabla XIII, la clase + 100 mallas. Al igual de la clase anterior, se la concentra en un ciclón de 9 cm. de diámetro, empleando medio denso agua - galena, de peso específico 2,77, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla IX - Clase + 100. Concentración en medio denso, en ciclón de 9 cm.

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución Fe %
Concentrado	39,2	48,3	1893,36	56,7
Cola	60,8	23,8	1447,04	43,3
Sumas	100,-		3340,40	100,-
Análisis cabesa		32,4		

La separación con líquidos pesados de una muestra de esta misma clase, arrojó los siguientes resultados:

Tabla XII - Clase + 100. Separación con líquidos pesados

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distib. Fe%
Flotado 2,86	23,-	12,9	296,70	8,8
Flotado 2,96	9,3	19,1	177,63	5,3
Flotado 3,20	12,2	25,6	312,32	9,3
Flotado 3,33	9,1	33,1	301,21	9,-
Hundido 3,33	46,4	49,-	2273,60	67,6
Sumas	100,-		3361,46	100,-

Considerando, en esta tabla, el producto hundido en 3,33 como concentrado, y el conjunto de todos los flotados, con los valores en correspondencia de las lavas, como sola o estéril, es dado observar que la separación con líquidos pesados proporciona un concentrado (hundido en 3,33) con la misma ley prácticamente del concentrado del colón, pero con una mayor recuperación, 10 puntos más; en efecto:

recuperación Fe%	56,7	67,6
concentrado del colón, Ley Fe %	48,3	49,-
hundido en 3,33		

La hemos dicho anteriormente que la mayor diferencia para la clase + 100, entre valor totales (separación con líquido pesado) y el valor conseguido con el colón, se debe al mayor grado de finura y al más amplio espectro granulométrico de la clase + 100, de 1,2 a 0,15 mm., respecto la clase + 14.

Conclusiones sobre ensayos de procesamiento de la muestra de Unahimé

Se han hecho ensayos de procesamiento sobre tres clases, de mayor a menor. La

tabla que sigue sintetiza los resultados conseguidos:



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-18-

Tabla XXII - Precencentración de las tres clases +4 +14 +100
Resultados de ensayos de laboratorio

Cabezas			Concentrados			Celas		
clase	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe%	Pesos%	Ley%	Distrib. Fe%
+ 4	93,2	35,5	76,4	38,2	85,2	23,6	21,4	14,8
+ 14	4,4	30,7	44,6	43,6	61,7	55,4	21,8	38,3
+ 100	2,1	32,4	39,2	48,3	56,7	60,8	23,8	43,3
Cabeza	100,-	34,-						

Confróntese esta tabla con la correspondiente tabla I del mineral de Santa Bárbara y resultará evidente la superioridad del mineral de Unchimed sobre el de Santa Bárbara; en efecto las leyes en hierro de los concentrados suben de 38,2 a 43,6 a 48,3, desde la clase más gruesa a la clase más fina; lo que es un índice de la gradual liberación de los minerales de hierro; mientras que para Santa Bárbara las leyes para las tres clases eran 36,8 - 36,2 - 37,3.

La tabla que sigue sintetiza los resultados teóricos conseguidos sobre las tres clases, con separación manual o por líquidos pesados:

Tabla XXIII - Separación teórica de las tres clases, según peso específico

Clase	producto pesado mayor de 3,-			producto liviano menor de 3,-		
	Pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe %	pesos%	Ley Fe%	Distrib. Fe %
+ 4 fracción + 5/8	81,-	38,8	88,-	19,-	22,5	12,-
	producto pesado mayor de 3.33			producto liviano menor de 3.33		
+ 14	40,9	45,1	58,9	59,1	21,7	41,1
+ 100	46,4	49,-	67,6	53,6	20,3	32,4

Los datos de esta tabla constituyen topes o límites teóricos alcanzables por las máquinas industriales o de laboratorio que concentren por gravedad, en caso de un funcionamiento perfecto.

Los resultados de los ensayos de laboratorio (tabla XXII) se aproximan satisfactoriamente a estos valores teóricos.

En conclusión: una operación de preconcentración efectuada sobre la clase + 4 mm-

11as (de 38 a 4,7 mm.) permite elevar la ley de 35,5 a 38,2% con una recuperación de hierro del 85,2%; se tira al desmonte el 23,6% del mineral alimentado con una ley de 21,4%. Resultado que puede ser considerado satisfactorio si se piensa que, en la práctica, es difícil en la explotación industrial, la cantidad de estéril que se tira al desmonte resultará acrecentada por la cantidad de caja que se mezcla al mineral como consecuencia de un método de extracción intensivo y mecanizado en los frentes de arranque del mineral.

Los ensayos efectuados sobre las clases más finas + 14 y + 100 demuestran que se pueden alcanzar concentrados con leyes de hierro más elevadas, 43,6 y 48,3% de hierro, pero con recuperaciones más bajas, respectivamente 61,7 y 56,7%. Este aumento de ley del concentrado en función de la granulometría será estudiado más detenidamente en la segunda parte del presente informe.

En la tabla que sigue confrontamos los resultados de la preconcentración sobre las dos muestras de Santa Bárbara y Unchime, reuniendo las tablas X y XII:

Tabla XIV - Cuadro comparativo de los resultados de la preconcentración

Clase ensayada	Santa Bárbara				Unchime			
	Cabezas Ley Fe%	Pesos Ley Fe%	Concentrados Ley Fe%	Recuper.Fe%	Cabezas Ley Fe%	Pesos Ley Fe%	Concentrados Ley Fe%	Recuper.Fe%
+ 4	32,4	57,7	36,8	65,4	35,5	76,4	38,2	85,2
+ 14	28,4	57,5	36,2	70,5	30,7	44,6	43,6	61,7
- 100	30,4	55,2	37,3	67,6	32,4	39,2	48,3	56,7
Cabezas e centr	32,3				34,-			

La superioridad de la muestra de Unchime sobre la de Santa Bárbara a los efectos

de su concentrabilidad está demostrada por lo siguientes: 1º) mayor recuperación (85,2%) conseguida en la clase + 4. 2º) mayores leyes conseguidas en las clases + 14 y + 100.-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-20-

MUESTRA DE SANTA BARBARASegunda etapa: estudio de la verdadera concentración del mineral de hierro

Terminada la etapa de la preconcentración, se siguió con el estudio de la verdadera concentración de la muestra de Santa Bárbara, previa liberación parcial de sus constituyentes por medio de la molienda.

La cabeza de esta segunda etapa, es decir el mineral sobre el cual se sigue experimentando, es ahora el preconcentrado conseguido con el ensayo de Sink & Float sobre la clase + 4 mallas (ver Tabla II). Los datos relativos a este preconcentrado son los siguientes:

granulometría: menor 38 mm.; mayor de 4,7 mm.

ley de hierro: 36,8 %

recuperación de hierro: contiene el 65,4% del hierro del mineral bruto.

Separación con líquidos pesados

Se separa una muestra de 5 kilos, se la tritura por etapas por debajo de 28 mallas (0,6mm.) y se la tamiza, consiguiendo lo siguiente:

Tabla XXV - Tamizado de la muestra molida bajo 28 mallas (0,6 mm.)

Clase		Pesos %	Ley Fe %	Pese x ley
mallas	mm.			
+ 35	0,42	21,9	37,2	814,68
+ 48	0,30	9,8	38,1	373,38
+ 65	0,21	14,4	39,2	564,48
+ 100	0,15	17,9	40,1	717,79
+ 150	0,10	8,-	35,7	285,60
+ 200	0,07	4,9	33,9	166,11
+ 270	0,05	3,1	33,3	103,23
+ 400	0,037	4,6	33,9	155,94
- 400		15,4	38,7	595,98
Sumas		100,-		3777,19
Cabeza análisis			36,8	

Tabla XXVI - Separación con líquidos pesados de las distintas clases

CLAS 35 (0,42 mm.)

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribucion Fe %
Clase + 48 (0.30 mm.)				
Flotado	2,86	0,5	10,3	0,3
"	2,96	1,7	33,32	0,9
"	3,20	18,5	508,75	13,8
"	3,33	20,8	700,96	18,8
Hundido	3,33	58,5	2457,-	66,2
Sumas	100,-	37,2	3710,33	100,-
Clase + 65 (0.21 mm.)				
Flotado	2,86	1,-	21,3	0,5
"	2,96	1,9	38,57	1,-
"	3,20	15,2	416,48	10,6
"	3,33	21,9	764,55	19,5
Hundido	3,33	60,-	2688,-	68,4
Sumas	100,-	39,2	3928,90	100,-
Clase + 100 (0.15 mm.)				
Flotado	2,86	4,4	80,96	2,1
"	2,96	2,1	41,50	1,1
"	3,20	18,6	518,94	13,1
"	3,33	14,1	489,27	12,4
Hundido	3,33	60,8	2815,04	71,3
Sumas	100,-	40,1	3945,79	100,-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-22-

Tabla XXVI. Sigue.-

Clase + 150 (0,10 mm.)

Productos	Pesos %	Lay Fe %	Peso x lay	Di	ón Fm
Flotado 2,86	18,9	16,4	309,96		
" 2,96	3,-	13,9	41,70		1,2
" 3,2	13,5	25,2	340,20		9,8
" 3,33	35,4	37,6	1331,04		38,2
Hundido 3,33	29,2	50,-	1460,-		41,9
Sumas	100,-		3482,90		100,-
Cabeza análisis		35,7			

Clase + 200 (0,07 mm.)

Flotado 2,86	16,5	14,2	234,3		7,-
" 2,96	4,9	11,9	58,31		1,8
" 3,33	48,1	32,6	1568,06		47,2
Hundido 3,33	30,5	48,-	1464,-		44,-
Sumas	100,-		3324,67		100,-
Cabeza análisis		33,9			

Clase + 270 (0,05 mm.)

Flotado 2,86	12,3	9,8	120,54		3,7
" 2,96	7,1	12,2	86,62		2,6
" 3,33	48,5	32,-	1552,-		47,-
Hundido 3,33	32,1	48,-	1540,80		46,7
Sumas	100,-	-6	3299,96		100,-
Cabeza análisis		33,3			

Clase + 400 (0,037 mm.)

Flotado 2,86	13,1	9,9	129,69		3,9
" 2,96	7,6	10,8	82,08		2,4
" 3,33	36,8	31,7	1166,56		34,4
Hundido 3,33	42,5	47,3	2010,25		59,3
Sumas	100,-		3388,58		100,-
Cabeza análisis		33,9			

Para tener una visión de conjunto de estos resultados se los ha reunido en la tabla que sigue, emitiendo la fracción "flotado 3,20", dado que este líquido no fué empleado en las últimas tres clases:



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-23-

Tabla XXVII - Santa Bárbara, separación con líquidos pesados, clase per clase

Clase	Cabezas Ley Fe%	Productos separados							
		Flotado 2,86		Flotado 2,96		Flotado 3,33		Hundido 3,33	
		Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%
+ 35	37,2	0,5	20,6	1,7	19,6	39,3	30,8	58,5	42,-
+ 48	38,1	0,9	18,1	1,5	20,-	39,5	31,1	58,1	43,2
+ 65	39,2	1,-	21,3	1,9	20,3	37,1	31,8	60,-	44,8
+100	40,1	4,4	18,4	2,1	19,8	32,7	30,8	60,8	46,3
+150	35,7	18,9	16,4	3,-	13,9	48,9	34,2	29,2	50,-
+200	33,9	16,5	14,2	4,9	11,9	48,1	32,6	30,5	48,-
+270	33,3	12,3	9,8	7,1	12,2	48,5	32,-	32,1	48,-
+400	33,9	13,1	9,9	7,6	10,8	36,8	31,7	42,5	47,3
-400	38,7								

Sumando horizontalmente los pesos de cada clase, se consigue 100. Recorriendo de arriba hacia abajo las columnas verticales, pesos y leyes, de cada producto, se nota lo siguientes:

1º - en los "flotados 2,86 y 2,96" la ley de hierro baja gradualmente de 20 a 10, con un salto brusco de 4,4 a 18,9 (en el valor del peso del "flotado 2,86"), pasando de la clase 100 a la clase + 150; y por debajo de la clase 100 la suma de los pesos de los "flotados 2,86 y 2,96" se mantiene constante en cada clase, alrededor del valor 20 - 21%. Lo cual indica que sólo en la clase 150 (0,1 mm.) empieza a cumplirse la liberación de la mayor parte de las partículas estériles (aumento del peso "flotado en 2,86" del valor 4,4% al valor 18,9%), y que esta liberación se perfecciona en las clases que siguen mas finas (la ley baja de 16,4% a 9,9%).

2º - En el "flotado 3,33" la ley se mantiene casi constante en todas las clases, mientras que los pesos presentan un cambio brusco en la clase -150.

3º - En el "hundido 3,33" la ley sube gradualmente hasta el valor 50% de la clase -150, para mantenerse casi constante en las clases sucesivas; el peso presenta un cambio brusco en la clase + 150, pasando del 60% al 30%; el 30% faltante se reparte entre los "flotados 2,86 y 3,33".

En general un cambio brusco en la distribución de los pesos se nota pasando de la

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-24-

clase 100 a la clase + 150, índices de la liberación que se cumple sólo a este tamaño, 0,1 mm.

Con los datos de cada clase se puede trazar una curva que tome el nombre de curva de las leyes elementales; en la figura 9 aparecen únicamente las curvas que corresponden a las clases + 35 + 200 y + 270, para que se observe como se modifica la curva con el aumento de finura de la clase, sin que haya confusión por superposición de muchas curvas.

En resumen el resultado de este estudio es que en todas las clases finas + 150 + 200 + 270 + 400 se nota la presencia de tres fracciones, con una relativa constancia de los pesos y leyes, que son:

un 21% de flotado acumulativo en 2,96, con ley entre 10 y 16%

un 48% de flotado parcial en 3,33 con ley entre 32 y 34%

un 31% de hundido parcial en 3,33 con ley entre 47 y 50%

Sólo en la última clase + 400, la más fina, (de 50 a 37 micrones), parecería disminuir el peso del flotado en 3,33 y aumentar el peso del hundido en 3,33.

Se trata evidentemente de un mineral de difícil concentración a causa del elevado porcentaje del producto intermedio, flotado parcial en 3,33, que es, casi el 50 % de toda muestra.

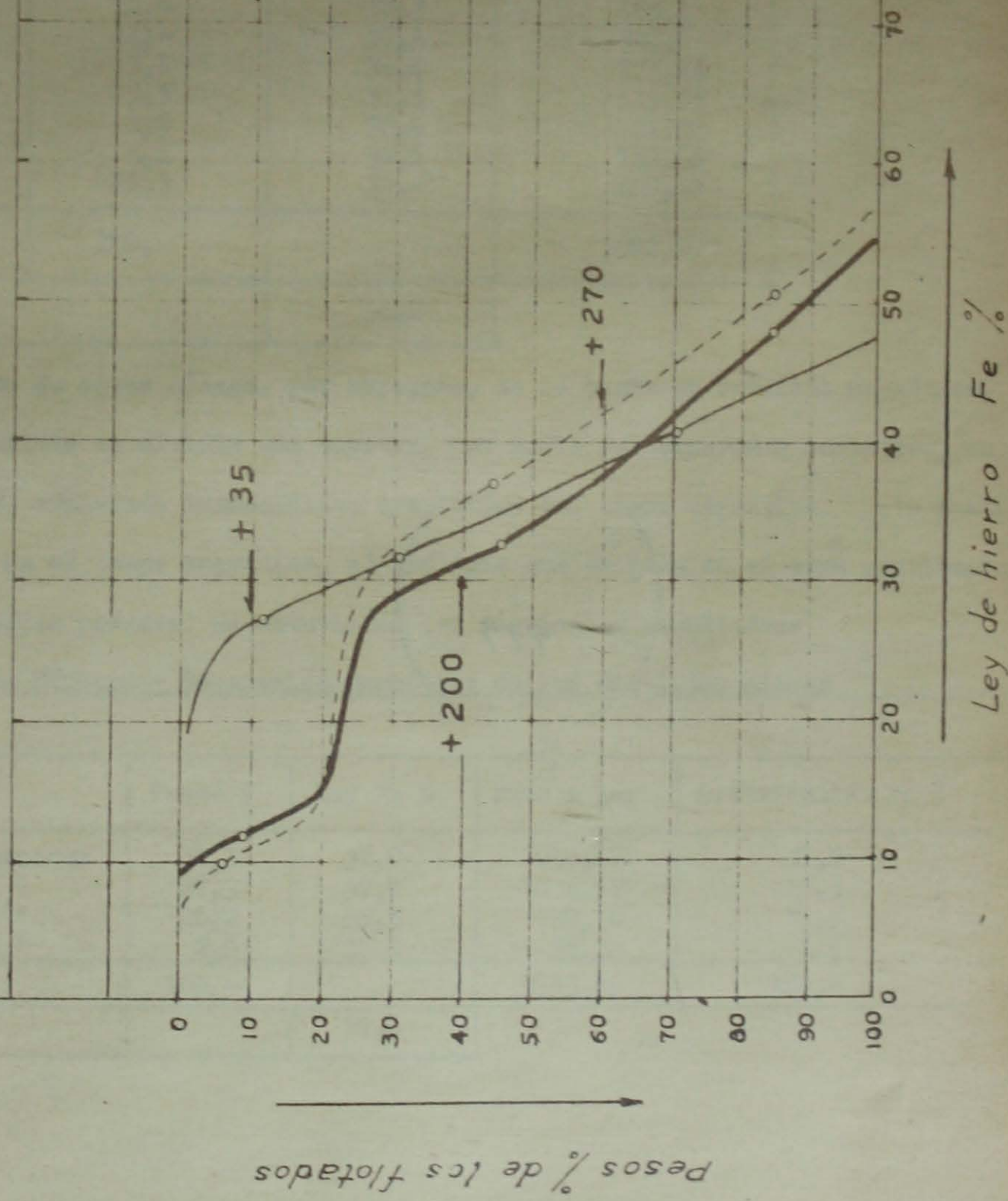
Si se considera el producto hundido en 3,33 como concentrado de una hipotética operación de concentración por gravedad, la recuperación del hierro en este producto alcanzaría los siguientes valores: (sacados de la tabla XXVI)

en la clase	+ 150	el	41,9 %
en la clase	+ 200	"	44, - %
en la clase	+ 270	"	46,7 %
en la clase	+ 400	"	59,3 %

valores muy bajos pero difícilmente alcanzables en una operación industrial, causa la granulometría muy fina de las clases consideradas.



FIGURA 9— SANTA BÁRBARA
SEPARACIÓN CON LÍQUIDOS PESADOS



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-25-

SEPARACION MAGNETICA DE ALTA INTENSIDAD - Mineral de Santa Bárbara.

Se ha estudiado la separación de los minerales ferríferos en función de la intensidad del campo magnético, y en función de la granulometría del mineral tratado. Se prepara una nueva muestra; se la tritura por etapas por debajo de 28 mallas y se tamiza, obteniendo las siguientes clases:

Tabla XXVIII - Santa Bárbara - Tamizado de la muestra melida bajo 28 (0,6 mm.)

Clase mallas	mm.	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	
- 35	0,42	33,-	37,1	1224,3	
- 48	0,30	13,5	37,6	507,6	
- 65	0,21	12,6	38,5	485,1	
- 100	0,15	14,-	37,4	523,6	
- 150	0,10	5,1	34,4	175,44	
- 200	0,07	3,5	32,5	113,75	
- 270	0,05	1,9	32,6	61,94	
- 400	0,037	4,1	32,6	133,66	
- 400		12,3	38,-	467,40	
Sumas		100,-		3692,79	
Cabeza análisis			36,8		

Sobre cada una de estas clases, por separado, se ha hecho un análisis magnético; operación que consiste en dividir una muestra, por medio del separador magnético, en varias fracciones, empleando intensidades crecientes del campo magnético. Este análisis corresponde, en el campo magnético, al análisis que se hace en el campo gravitacional, con los líquidos pesados. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XXIX - Santa Bárbara - Separación magnética de las distintas clases

Clase + 35

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución Fe %
Concentrado 0,4 amperes	50,3	38,9	1956,67	51,7
Concentrado 0,6 "	27,3	37,9	1034,67	27,3
Concentrado 0,7 "	20,2	36,5	737,30	19,5
Cela 0,7 "	2,2	25,1	55,22	1,5
Sumas	100,-		3783,86	100,-
Cabeza análisis		37,1		

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-26-

Tabla XXIX - sigue

Clase + 48

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución Fe %
Concentrado 0,5 amperes	14,7	40,-	588,-	15,6
Concentrado 0,6 "	24,5	39,6	970,2	25,7
Concentrado 0,65 "	52,8	37,3	1969,44	52,2
Cela 0,65 "	8,-	30,5	244,-	6,5
Sumas	100,-		3771,64	100,-
Cabeza análisis		37,6		

Clase + 65

Concentrado 0,5 "	6,4	41,2	263,68	6,7
Concentrado 0,6 "	49,1	41,1	2018,01	51,7
Concentrado 0,65 "	29,5	39,4	1162,30	29,8
Cela 0,65 "	15,-	30,8	462,-	11,8
Sumas	100,-		3905,99	100,-
Cabeza análisis		38,5		

Clase + 100

Concentrado 0,5 "	27,2	40,8	1109,76	29,1
Concentrado 0,6 "	32,2	41,2	1326,64	34,8
Concentrado 0,65 "	22,1	39,8	879,58	23,1
Cela 0,65 "	18,5	26,7	493,95	13,-
Sumas	100,-		3809,92	100,-
Cabeza análisis		37,4		

Clase + 150

Concentrado 0,5 "	26,-	41,6	1081,60	31,3
Concentrado 0,6 "	28,2	41,1	1159,02	33,6
Concentrado 0,65 "	23,9	35,5	848,45	24,6
Cela 0,65 "	21,9	16,6	363,54	10,5
Sumas	100,-		3452,61	100,-
Cabeza análisis		34,4		

Clase + 200

Concentrado 0,5 "	13,3	41,5	551,95	16,9
Concentrado 0,6 "	30,4	41,-	1246,40	38,-
Concentrado 0,65 "	22,8	37,-	843,60	25,8
Cela 0,65 "	33,5	19,2	633,20	19,3
Sumas	100,-		3275,15	100,-
Cabeza análisis		32,5		

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-27-

Tabla XXIX - sigue.

Clase + 270

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x ley	Distribución Fe%
Concentrado 0,5 amperes	15,2	42,5	625,-	19,-
Concentrado 0,6 "	48,-	38,7	1857,60	54,6
Concentrado 0,65 "	18,8	33,9	637,32	18,8
Cela 0,65 "	18,-	14,4	259,20	7,6
Sumas	100,-		3400,12	100,-
Cabeza análisis		33,2		

Clase + 400

Concentrado 0,5 "	48,1	39,5	1899,95	55,4
Concentrado 0,6 "	29,1	36,8	1070,88	31,3
Concentrado 0,65 "	5,8	32,5	188,50	5,5
Cela 0,65 "	17,-	15,8	268,60	7,8
Sumas	100,-		3427,93	100,-
Cabeza análisis		32,6		

Para tener una visión de conjunto de estos resultados, se los ha reunido en la tabla que sigue:

Tabla XXX - Santa Bárbara, separación magnética, confrontación de las clases

Clase	Cabezas Ley Fe%	Productos separados							
		Concentrados 0,5 Amperes		Concentrados 0,6 Amperes		Concentrados 0,65 Amperes		Cela última	
		Pesos	Ley Fe %	Pesos	Ley Fe%	Pesos	Ley Fe%	Pesos	Ley Fe%
+ 35	37,1	50,3	38,9	27,3	37,9	20,2	36,5	2,2	25,1
+ 48	37,6	14,7	40,-	24,5	39,6	52,8	37,3	8,-	30,5
+ 65	38,5	6,4	41,2	49,1	41,1	29,5	39,4	15,-	30,8
+ 100	37,4	27,2	40,8	32,2	41,2	22,1	39,8	18,5	26,7
+ 150	34,4	26,-	41,6	28,2	41,1	23,9	35,5	21,9	16,6
+ 200	32,5	13,3	41,5	30,4	41,-	22,8	37,-	33,5	19,2
+ 270	33,2	15,2	42,5	48,-	38,7	18,8	33,9	18,-	14,4
+ 400	32,6	48,1	39,5	29,1	36,8	5,8	32,5	17,-	15,8
- 400	38,-								

En esta tabla la suma horizontal de los pesos de cada clase da 100.-

Recorriendo de arriba hacia abajo las columnas verticales, pesos y leyes, de cada producto, se nota lo siguiente:

- 1º) - En los "concentrados 0,5 amperes", la ley de hierro alcanza el valor máximo 42,5 %, en la clase + 270 (0,053 mm.), siendo el peso de sólo 15,2 %

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-28-

Y en cada clase, no importa si gruesa o fina es muy poca la diferencia de ley en hierro entre el primer concentrado (0,5 Amperes) y el segundo concentrado (0,65 A.). Lo cual indica que no hay diferenciación magnética entre óxidos (ricos) y silicatos de hierro (menor ley de hierro), por la poca diferencia de permeabilidad magnética de los dos grupos de minerales de hierro presentes, y también por la mezcla íntima entre los dos, aún en la clase más fina.

2º) Si hacemos la suma de los dos primeros concentrados, tenemos los siguientes valores:

clase	pesos %	ley Fe %	Recuperación Fe %
+ 35	77,6	38,5	79,-
+ 48	39,2	39,7	41,3
+ 65	55,5	41,1	58,4
+ 100	59,4	41,-	63,9
+ 150	54,2	41,3	64,9
+ 200	43,7	40,7	54,9
+ 270	63,2	40,-	73,6
+ 400	77,2	38,5	86,7

lo cual indica que en la clase + 100 y en las otras más finas, el concentrado alcanza como máximo una ley del 41% con una recuperación del orden del 64%.

3º) En la columna de las "cola última", la ley en hierro toma valores menores de 20% únicamente en la clase + 150 y siguientes, confirmando la observación hecha en la tabla XXVII, (separación con líquidos pesados), que la liberación del estéril se cumple recién en la clase + 150; la cantidad de estéril o cola que se separa en esta clase y siguientes es del orden del 20% con una ley entre 14 y 16% de hierro.

En resumen el resultado de la separación magnética de alta intensidad sobre el mineral de Santa Bárbara es grosso modo el siguiente:

un concentrado magnético	ley 41,-%	recuperación 64,-%	peso 54,-%
un mixto	" 35,-%	" 25,-%	" 24,-%
una cola	" 16,-	" 11,-%	" 22,-%

Se concluye que la separación magnética de alta intensidad no llega a concentrar este mineral más allá de una ley del 41,-% de hierro; puede servir únicamente como un método auxiliar, para separar una cola, un 20% en peso, con una ley bastante pobre, como 16,-% de hierro.



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-29-

A título de referencia podemos citar que este mismo método de concentración aplicado a los minerales de Puesto Viejo y "9 de Octubre", consigue separar concentrados con 51 - 54 % de hierro con buenas recuperaciones, del orden del 80 %.

Separación magnética de baja intensidad, previa tostación reductora del mineral, para transformar los óxidos de hierro en magnetita.

El desarrollo de esta experimentación ha sido el siguiente:

1ª) Se empezó con ensayar sobre muestras chicas de 50 gramos clasificadas haciendo la tostación reductora en el aparato de la figura 10 y la concentración en un separador magnético Stearns en seco tipo Wetherill.

2ª) Como segunda etapa se ensayó sobre muestras de 20 - 40 kilos no clasificadas, haciendo la tostación reductora en el horno de la figura 10, y la concentración en un separador magnético Dings para pulpa, tipo Crockett. Los ensayos de esta segunda etapa se hicieron directamente sobre el mineral bruto, no preconcentrado.

1ª) - Ensayos sobre muestras clasificadas de 50 gramos c/u.

Se empezó con estudiar la puesta a punto de la tostación magnetizante, en el sentido de encontrar la modalidad de tostación (tiempo, temperatura, composición del gas) que produzca la más eficaz concentración magnética del producto tostado. Con este objeto se armó el aparato de la figura 10, en el cual el gas reductor es monóxido de carbono CO, producido haciendo pasar una corriente de CO₂ sobre carbón vegetal calentado a 800° C. No se pudo ensayar con hidrógeno o con mezclas CO - H₂ por no haber podido conseguir un tubo de gas H₂. (Podría ser distinta la acción reductora de los dos gases sobre los óxidos y sobre los silicatos de hierro). En los ensayos en los cuales se hizo variar el tiempo de tostación, las otras variables fueron mantenidas constantes en los siguientes valores: composición del gas: CO 30% - CO₂ 70% caudal 0,2 litros por minuto; presión: 10 mm. de agua; temperatura del mineral durante la tostación: 700° C. enfriamiento rápido en gas CO₂, habiendo extraído la muestra del horno.

Se hicieron ensayos sobre dos clases granulométricas: + 100 y + 270; se midió el

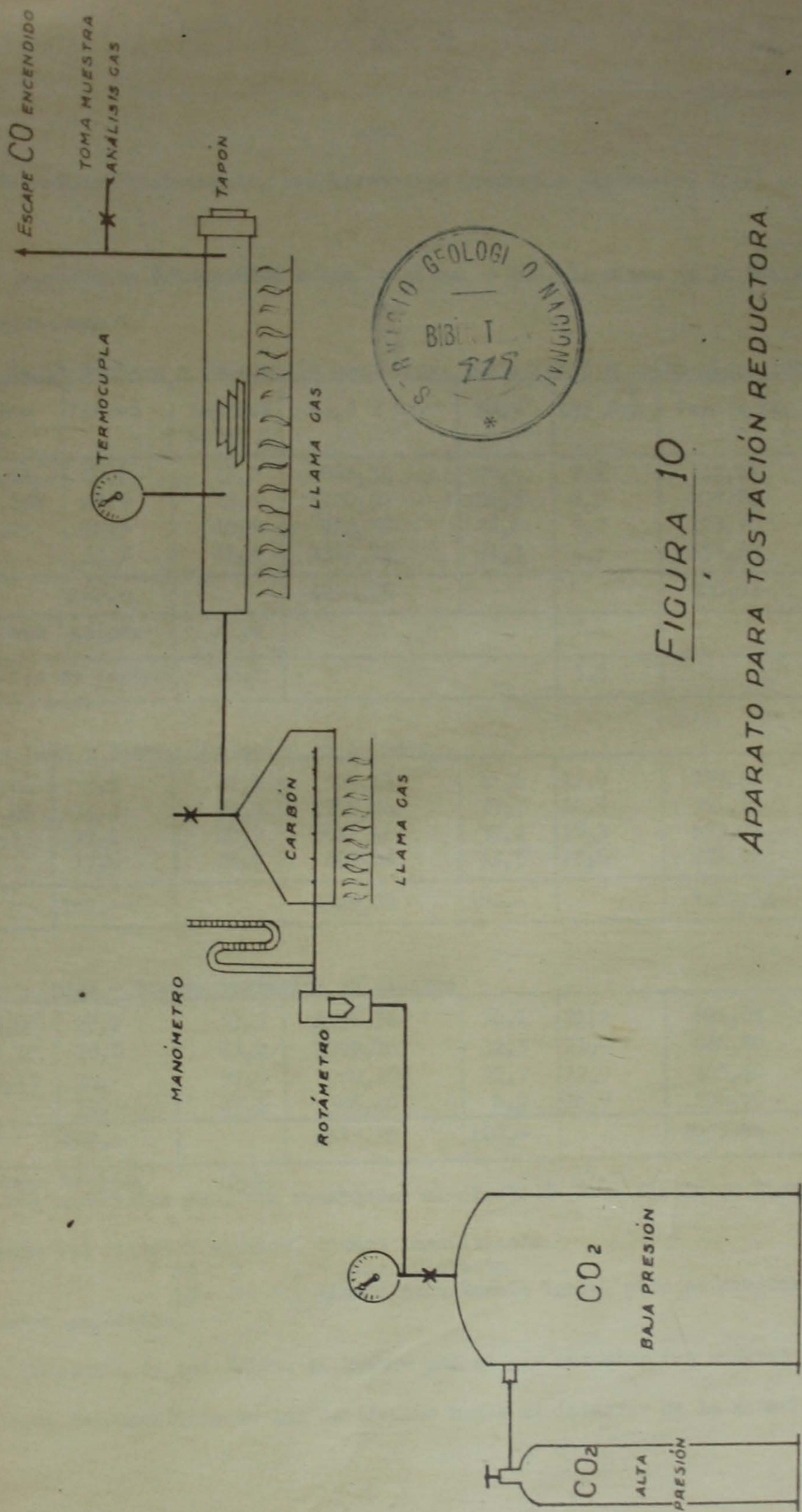


FIGURA 10

APARATO PARA TOSTACIÓN REDUCTORA

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-30-

grado de reducción alcanzado, analizando los productos por hierro total y hierro ferroso.

Los resultados conseguidos sobre la clase ± 100 , la misma de la tabla XXV, son los siguientes:

XXXI - Santa Bárbara - Separación magnética, tostación 5 minutos-clase 100

Productos Amperes	Pesos%	Ley Fe% total	Peso x Ley	Id.%	Ley Fe%	Peso x Ley	Fe x100 Fe total
Conc.0,1A.	20,1	43,2	868,32	20,6	7,1	142,71	16,4
Conc.0,15A	25,7	43,6	1120,52	26,5	8,9	228,73	20,4
Conc.0,25	22,5	40,6	913,50	21,6	7,7	173,25	19,-
Cola	31,7	41,6	1318,72	31,3	4,9	155,33	11,8
Sumas	100,-		4221,06			700,02	
ley cabeza tostada		41,6			7,4		17,8
ide. antes de tostar		40,1			5,6		13,6

XXXII - idem - tiempo tostación 15 minutos

Conc.0,06	8,8	57,1	502,48	11,6	17,9	157,52	31,3
Conc.0,08	34,4	49,9	1716,56	39,7	16,9	581,36	34,-
Conc.0,1	39,4	40,9	1611,46	37,2	17,1	673,74	41,8
Colas	17,4	28,7	499,38	11,5	15,8	274,92	51,5
Sumas	100,-		4329,88	100,-		1687,54	

XXXIII - idem - tiempo tostación 25 minutos

Conc.0,08	29,2	53,3	1556,36	36,1	21,2	691,04	39,8
Conc.0,10	30,8	45,2	1392,16	32,3	21,-	646,80	46,4
Conc.0,12	26,-	37,7	980,20	22,7	17,9	465,40	47,5
Cola	14,-	27,6	386,40	8,9	16,9	236,60	61,2
Sumas	100,-		4315,10	100,-		2039,84	

Ley cabeza tostada 43,1 19,- 44,1
Estos resultados permiten confrontar el efecto de tres distintos tiempos de la

tostación reductoras: 5 minutos, tiempo insuficiente

15 " , tiempo eficiente

25 " , tiempo inutilmente largo, pero no perjudicial para la separación magnética.

La reducción de los óxidos de hierro por el gas reductor (en nuestro caso CO) procede desde la superficie de las partículas hacia el interior de la materia sólida, y



-31-

pasa a través de distintos grados de perfeccionamiento, que en el caso del mineral hematita pueden ser:

- | | | | | | | |
|-----|--------------------------|---|---|---|--------------------------|--------------------------------------|
| 1º) | $3\text{Fe}_2\text{O}_3$ | - | 0 | = | $2\text{Fe}_3\text{O}_4$ | formación de magnetita |
| 2º) | Fe_3O_4 | - | 0 | = | 3FeO | formación de óxido ferroso (wustita) |
| 3º) | FeO | - | 0 | = | Fe | formación de hierro metálico |

La wustita presenta una permeabilidad magnética menor de la magnetita, de manera que si la reducción procede más allá de la magnetita, la fuerza de atracción de las partículas hacia el imán disminuye en lugar de aumentar.

En la magnetita hay 33,3% de óxido ferroso, dado que $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$. Entre los gases reductores y los minerales de hierro existen equilibrios que en el caso de CO_2 y CO están dados por la figura 11.

Recordadas estas nociones, examinamos las últimas tres tablas:

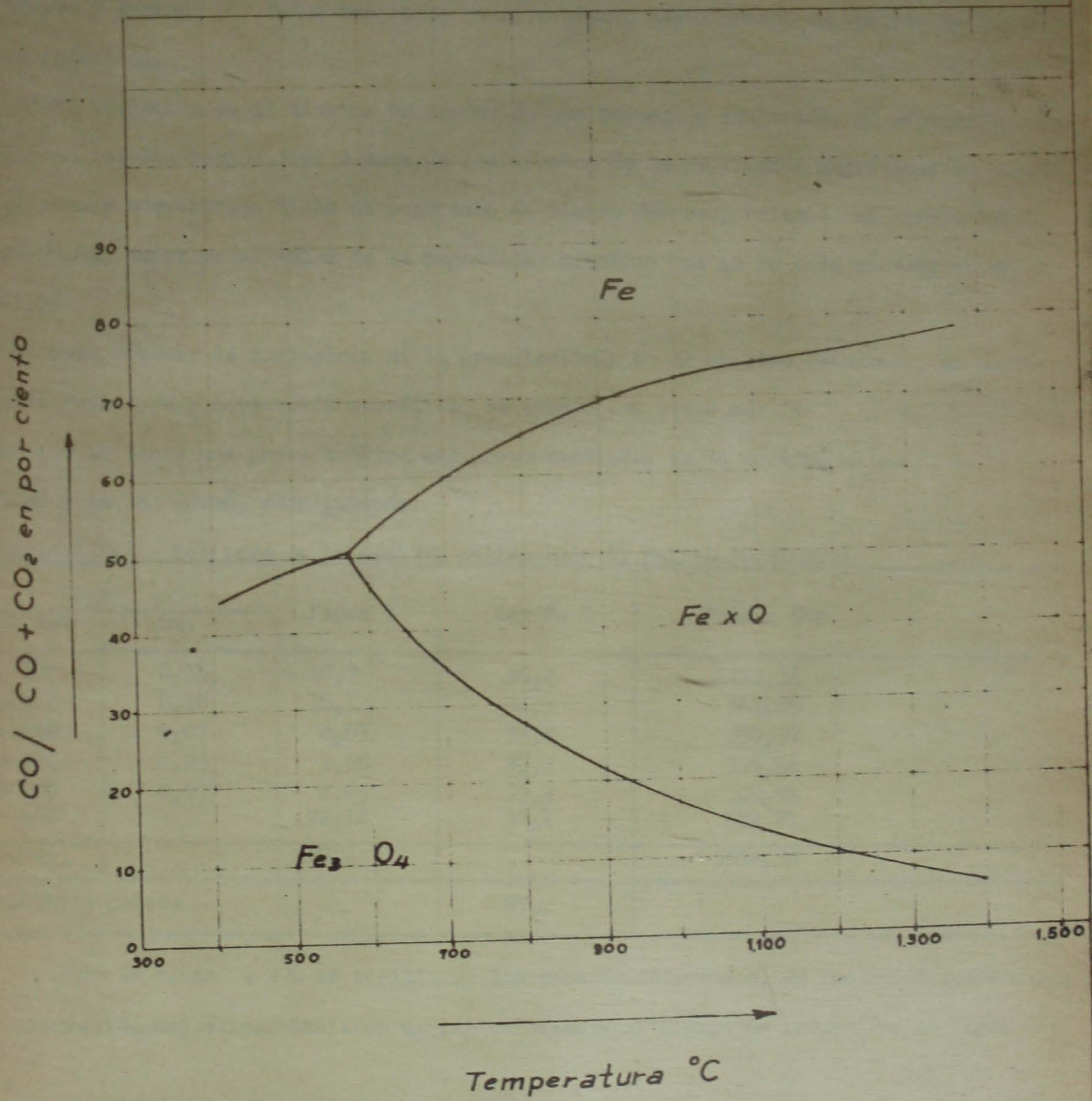
1º) la tostación de 5 minutos parece haber borrado cualquier diferenciación magnética entre las partículas del producto tostado (confróntese con la separación magnética del mineral no tostado de la tabla XXIX); casi no hay diferencia de ley entre la cola y el concentrado. La explicación es la siguiente: la gran mayoría de las partículas de estéril, cuarzo, calcedonio, cloritas, micas, tienen costras o pátinas de óxidos de hierro, de tal manera que, si la reducción no procede en profundidad por el poco tiempo, lo mismo dá a los efectos de la producción de magnetita que la partícula sea de hematita masiva o que presente sólo una capa superficial de hematita.

2º) la tostación de 15 minutos parece haber alcanzado un grado óptimo de reducción de los óxidos de hierro; en efecto la ley de hierro ferroso referida al hierro total

($\frac{\text{Fe}^{++}}{\text{Fe tot.}} \times 100$) en los dos primeros concentrados se aproxima a la ley teórica de la magnetita (la magnetita natural contiene el 31% de Fe^{++}); y los concentrados se separan con la intensidad más baja (corriente 0,06 A.) del campo magnético. En la cola la ley de hierro ferroso referida al hierro total alcanza el valor de 51,5; la explicación sería la siguiente: en las partículas de estéril la mayor parte del hierro es presente como costras; y en estas costras la reducción ha procedido por lo menos en parte más

FIGURA 11

DIAGRAMA EQUILIBRIO $Fe-C-O$



allá del término magnetita hacia el término óxido ferroso puro o wustita; otra explicación podría ser que una parte de las partículas de estéril (las del cemento arcilloso elorítico) son más porosas, más fácilmente penetrables a la acción del gas reductor que las de hematita. Cualquiera sea la explicación, el mayor porcentaje de ferroso presente en la cola facilita la separación; en efecto las partículas pobres de hierro terminan por tener menor masa magnética por dos razones: por tener menor cantidad de hierro y segundo por tener una parte de este hierro transformado en wustita en lugar de magnetita,

3ª) la tostación de 25 minutos ha producido una reducción exagerada, no necesaria, pero que no resulta perjudicial o poco, a los efectos de la separación magnética; en efecto el primer concentrado tiene un porciento de hierro ferroso, referido al hierro total, de 39,8%, superior al valor de la magnetita, mientras que en la cola alcanza el valor 61,2%.

Para conocer la influencia de la granulometría en el proceso estudiado, de tostación reductora y separación magnética, se ensayó una clase más fin + 270. Se tomó por lo tanto una nueva muestra del preconcentrado, se la trituro en bolas y se la tamizó, consiguiendo:

Tabla XXXIV - Tamizado de la muestra molida bajo 65 mallas (0,21 mm.)

Clase		Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley
mallas	mm.			
+ 100	0,15	40,7	36,2	1473,34
+ 150	0,10	16,1	34,9	561,89
+ 200	0,07	8,65	33,8	292,37
+ 270	0,05	3,80	33,2	126,16
+ 400	0,037	8,65	33,4	288,91
- 400		22,10	37,1	819,91
Sumas		100,-		3562,58
Análisis cabeza			37,2	

Sobre la clase + 270 se repitieron los ensayos anteriores, de tostación reductora y separación magnética, haciendo variar únicamente el tiempo de reducción; en lugar de

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-33-

5,15 y 25 minutos, esta vez se eligió 3,5 y 15 minutos, para tener cuenta de la gram-
lometría más fina; los resultados conseguidos son los siguientes:

Tabla XXXV - Santa Bárbara - Separación magnética, tostación 3 minutos, clase + 270

Productos Amperes	Pesos%	Ley Fe% total	Peso x ley	Id.%	Ley Fe ⁻ %	Peso x ley	Fe -- Fe total x 100
Conc.0,09A	19,3	47,5	916,75	25,5	12,3	237,39	26,-
Conc.0,12A	19,6	38,-	744,80	20,7	11,5	225,40	30,2
Conc.0,18A	19,-	33,2	630,80	17,6	9,4	178,60	28,3
Conc.0,25A	8,1	32,-	259,20	7,2	9,3	75,33	29,-
Cola	34,-	30,7	1043,80	29,-	7,6	258,40	24,7
Sumas	100,-		3595,35	100,-		975,12	
Análisis cabeza tos- tada		36,-					

Tabla XXXVI - Idem - clase + 270 - tiempo tostación 5 minutos

Conc.0,12A	16,3	49,7	810,11	22,9	14,7	239,61	30,-
Conc.0,13A	13,9	46,-	639,40	18,1	15,4	214,06	33,5
Conc.0,14A	24,-	38,4	921,60	26,1	16,-	384,-	41,7
Conc.0,16A	13,1	33,4	437,54	12,4	15,6	204,36	46,7
Cola	32,7	22,1	722,67	20,5	11,8	385,86	53,4
Sumas	100,-		3533,32	100,-		1427,89	

Tabla XXXVII - idem - clase +270 - tiempo tostación 15 minutos

Conc.0,08A	48,7	45,7	2225,59	61,3	18,8	915,56	41,1
Conc.0,09A	15,6	38,7	603,72	16,6	17,8	277,68	46,-
Conc.0,10A	8,1	31,5	255,15	7,-	16,6	134,46	52,7
Conc.0,12A	11,4	24,4	278,16	7,7	14,2	161,88	58,2
Cola	16,2	16,6	268,92	7,4	12,-	194,40	72,3
Sumas	100,-		3631,54	100,-		1683,98	
Análisis cabeza tog tada		36,4			16,1		
Cabeza antes tostar		33,2					

Estos resultados confirman los de la clase anterior + 100, en el sentido que:



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-34-

- 3 minutos de tostación son insuficientes a los efectos de la separación magnética
 5 minutos de tostación corresponde al tiempo óptimo.
 15 minutos de tostación es un tiempo muy largo, el mineral resulta reducido más allá del término magnetita hacia la wustita; sin embargo la separación magnética sigue casi igualmente eficiente.

Para facilitar la confrontación entre los resultados conseguidos con los distintos tiempos de reducción sobre las dos clases ± 100 y ± 270 , se presenta la siguiente tabla, en la cual los productos de cada ensayo han sido reducidos, a sólo tres: concentrado, mixto y colas:

XXVIII - Santa Bárbara - Separación magnética, con distintos tiempos de reducción

Clase ± 100 Ley Fe 40,1 %

Tiempos de reducción minutos	Concentrado			Mixto			Colas		
	Ley Fe%	Recup.%	$\frac{\text{Fe}}{\text{Fe tot.}}$	Ley Fe%	Recup.%	$\frac{\text{Fe}}{\text{Fe tot.}}$	Ley Fe%	Recup.%	$\frac{\text{Fe}}{\text{Fe tot.}}$
5 min.	43,4	47,1	18,6	40,6	21,6	19,-	41,6	31,3	11,8
15 "	51,3	51,3	33,3	40,9	37,2	41,8	28,7	11,5	51,5
25 "	49,1	68,4	45,4	37,7	22,7	47,5	27,6	8,9	61,2

Clase ± 270 Ley Fe 33,2%

3 min.	42,7	46,2	28,-	32,8	24,8	28,5	30,7	29,-	24,7
5 "	43,7	67,1	35,2	33,4	12,4	46,7	22,1	20,5	53,4
15 "	45,7	61,3	41,1	38,7	16,6	46,-	22,5	22,1	61,-

En cada línea horizontal de esta tabla, la suma de las recuperaciones da 100.-

La diferencia de ley entre la clase ± 100 y la clase ± 270 se debe a una concentración del hierro por efecto de molienda diferencial en la clase ± 100 , como es dado observar en la tabla XXV.

Se concluye por lo tanto que la tostación reductora, a los efectos de conseguir una mejor separación magnética, tiene que ser en exceso, en el sentido de tener un producto tostado con una ley de hierro ferroso referida al hierro total entre 40 y 50%, es decir superior al valor 33% que corresponde a la magnetita.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-35-

La separación magnética del producto así tostado obtiene un concentrado:

1º) con una ley de 49,1 % y una recuperación de 68,4% para la clase + 100

2º) con una ley de 45,7% y una recuperación de 61,3% para la clase + 270

2º) - Ensayos sobre muestras de 20 kilos, con concentración en un separador magnético para pulpa, tipo Crockett.

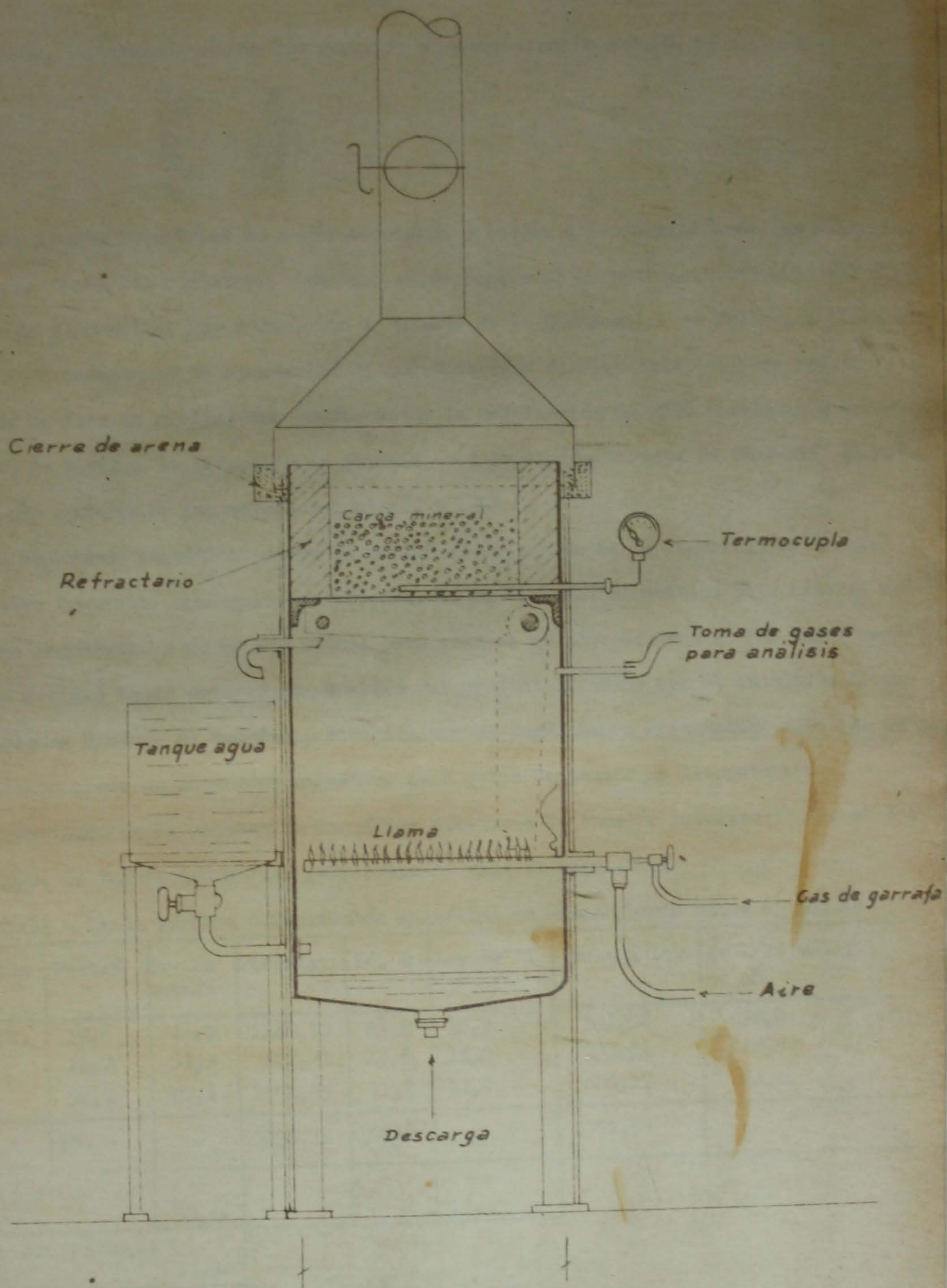
El objeto de estos ensayos es aproximarse mayormente a la forma de trabajo de una planta industrial; con este fin se aportaron los siguientes cambios: 1º) se trabajó sobre la muestra bruta, no preconcentrada teniendo en cuenta los resultados poco satisfactorios obtenidos en la preconcentración. 2º) se empleó un separador magnético húmedo para pulpa. 3º) se operó sobre lotes de 20 kilos en lugar de 50 gramos.

La operación de tostación reductora fue realizada en el horno de la figura 12, ideado y construido en nuestros laboratorios.

El horno se compone de una parrilla horizontal de hierro fundido, sobre la cual descansa el mineral que se quiere reducir; la carga de mineral mide 35 x 35 en planta, por 10 cm. de altura; el mineral tiene que ser previamente peletizado (molido bajo 65 mallas y peletizado, diámetro 10 mm.) para no pasar a través de la parrilla y formar una carga permeable a los gases. Por arriba de la parrilla hay una campana que determina el tiraje de los gases; por debajo de la parrilla están los quemadores que queman gas de garrafa; los quemadores funcionan al comienzo con exceso de aire hasta que la cama de mineral alcanza la temperatura de 700° C.; después se merma la entrada de aire realizando una combustión incompleta, y produciéndose una mezcla de gases reductores e inertes que reducen la cama de mineral; después de una hora de funcionamiento de los quemadores con defecto de aire, (la temperatura ha bajado a 600°C.) se saca un apoyo de la parrilla; la parrilla gira alrededor de un perno y descarga toda la carga de mineral que cae en el agua sobre el fondo del horno. En el fondo del horno se ponen 35 litros de agua al comienzo de la operación; y se agregan otros 35 litros pocos minutos antes de soltar la parrilla, al término de la operación. Se averiguó que durante la fase reductora de



FIGURA 12
HORNO DE REDUCCIÓN
Escala 1:10



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-36-

la operación, la composición de los gases se mantuvo aproximadamente la siguiente:

CO ₂	5%
CO	9%
H ₂	12%
CH ₄	6%
O ₂	- -

En una planta industrial no sería necesario proceder a la formación de las pelotitas antes de la tostación reductora, dado que se emplearía un horno rotativo horizontal o un horno de fluo-solid. Por ejemplo en la planta de la Montecatini en Fellonica (Italia) se emplean 4 reductores de fluo-solid de 400 toneladas diarias cada uno para reducir a magnetita cenizas de pirita; que provienen de la calcinación de 2200 toneladas diarias de pirita de hierro; la reducción es obtenida con inyección directa de fuel-oil, (Bunker C oil), con combustión incompleta del mismo, a 640° C.

Como separador magnético húmedo se empleó el separador de la figura 13 de la casa Dings, tipo Crockett, conseguida en préstamo de la Sociedad Pirquitas. Esta máquina es de tamaño industrial y no es muy idónea para ensayos en pequeña escala. Por mayor seguridad se decidió hacer ensayar una muestra del producto tostado por el Instituto de Investigaciones Mineras de San Juan, dirigido por el Ing^o. Ramón Ruiz Bates; dado que este Instituto posee un separador magnético para pulpa de tamaño de laboratorio.

El resultado de la separación magnética efectuada en nuestro laboratorio, en el aparato Dings, de tamaño industrial para pulpa ha sido el siguiente:

Tabla XXXIX - Santa Bárbara - Separación magnética en húmedo, bruto menos 65 mallas

Productos	Pesos%	Ley Fe total%	Peso x Ley	Id. %	Ley Fe ⁺⁺ %	Peso x Ley	Fe ⁺⁺ /Fe total %
Concentr.	32,6	44,2	1440,92	8,2	16,3	531,38	36,9
Misto	16,7	31,3	522,71	15,6	15,2	253,84	48,9
Cola	50,7	27,1	1374,55	41,2	11,9	606,17	44,-
Sumas	100,-		3338,18	100,-		1391,39	
Cabeza tostada análisis		33,4			13,1		
Cabeza sin tostar análisis		32,3					

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-37-

El resultado de la separación magnética efectuada en el Instituto de Investigaciones Mineras de la Facultad de Ingeniería de San Juan, bajo la dirección del Ing^o. Ramón Ruiz Bates, en un aparato de laboratorio en húmedo, ha sido el siguiente:

Tabla XL - Santa Bárbara - Separación magnética en húmedo hecha en San

Productos	Pesos %	Ley Fe total %	Peso x Ley	Ídem ,
Concentrado	47,7	43,3	2065,41	61,-
Mixto	14,3	31,2	446,16	13,2
Cola	38,-	23,-	874,-	25,8
Sumas	100,-		3385,57	100,-

El resultado obtenido en San Juan es superior al nuestro, no tanto por la ley del concentrado, sino por la mayor recuperación. Se debe al hecho que en San Juan se efectuó la concentración en dos etapas: una primera separación magnética con campo fuerte, y después un repaso del concentrado magnético para dividirlo en un concentrado y una medianía. Mientras que con nuestro aparato se realizó una sola operación, obteniendo directamente con esta los tres productos: concentrado, mixto y cola.

Este resultado, un concentrado con 43,3 % de hierro y recuperación 61%, no difiere substancialmente de cuanto se había obtenido operando sobre clases granulométricas del mineral preconcentrado, ver pág. 33, es decir:

Concentrado con ley 49,1 % y recuperación 68,4 % en la clase + 100 mallas

Concentrado con ley 45,7 % y recuperación 61,3 % en la clase + 270.

Conclusión

Los ensayos realizados nos permiten afirmar que el mineral de Santa Bárbara entregado a este laboratorio puede ser concentrado según el siguiente esquema:

1ra. operación: molienda menos 65 mallas (0,21 mm.) en seco

2da. operación: tostación reductora a 600 - 700° C.

3ra. operación: separación magnética de baja intensidad en seco o en húmedo

obteniéndose el siguiente resultado:

un concentrado con ley 43,3 % recuperación 61 %



MINISTERIO DE ECONOMIA Y TRABAJO
SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA Y MINERIA
SUBSECRETARIA DE MINERIA Y COMBUSTIBLES
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

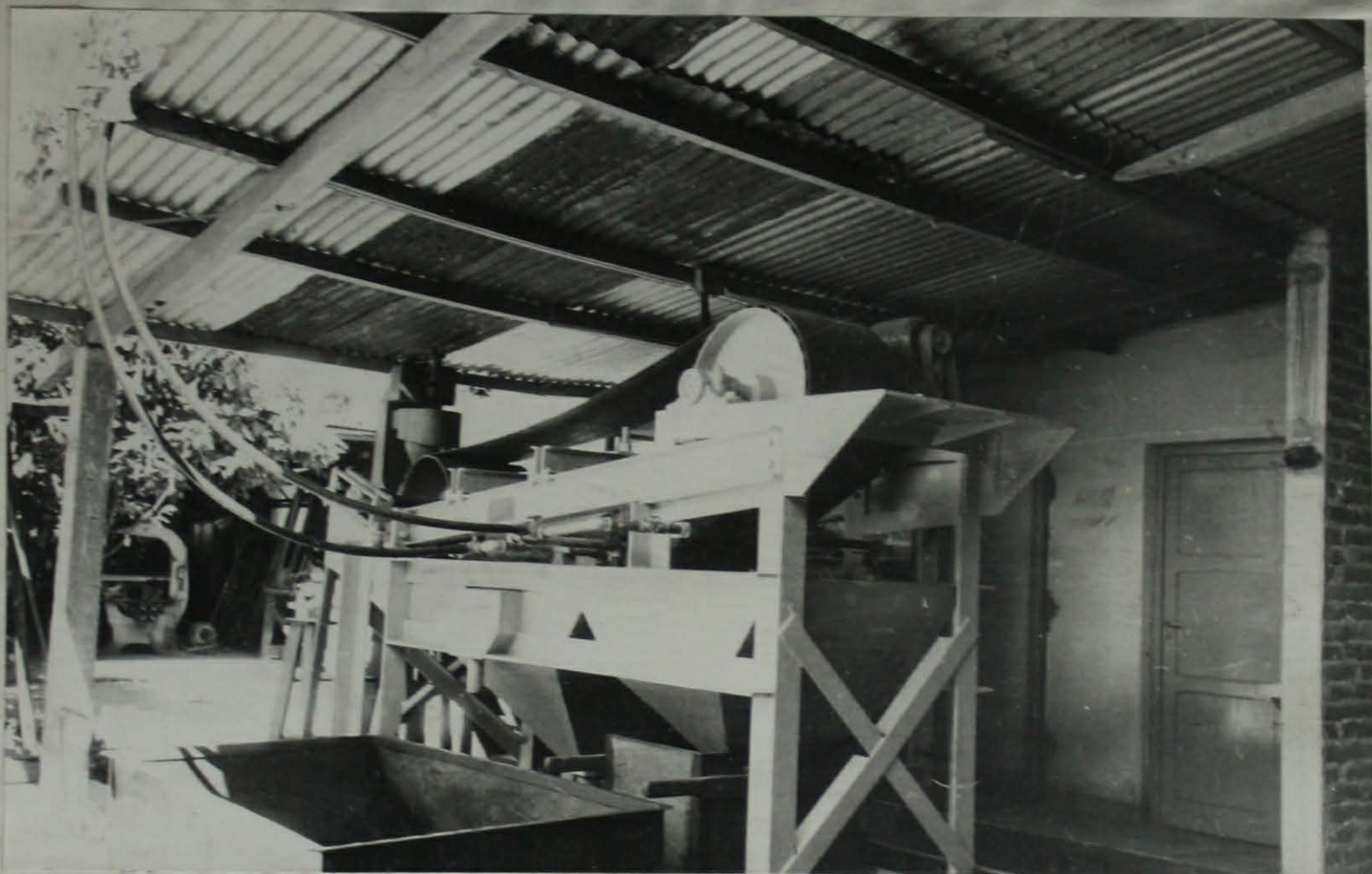


Fig.^B Separador magnético tipo Crocket.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-38-

un mixto con ley 31,2% recuperación 13,2%

una cola con ley 23,-% recuperación 25,8%

siendo la cabeza con ley 32,3% recuperación 100,-

Si se quiere un concentrado de mayor ley, la recuperación toma en seguida valores muy bajos, por lo general antieconómicos; por ejemplo la separación hecha en nuestros laboratorios dio un concentrado con 44,2 % de hierro, pero con una recuperación de apenas 43,2%, valor muy inferior al 61% anterior, habiéndose ganado un solo punto en el valor de la ley.

Se trata evidentemente de un mineral pobre de difícil concentración, a causa del elevado contenido de partículas o granos de peso específico intermedio (silicatos de hierro), hecho puesto claramente en evidencia en la separación con líquidos pesados (ver pág. 24.)

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-39-

MUESTRA DE UNCHINÉSegunda etapa: estudio de la concentración del mineral de hierro

Terminada la etapa de la preconcentración, se siguió con el estudio de la concentración de la muestra de Unchiné, previa liberación parcial de sus constituyentes por medio de la molienda.

La cabeza de esta segunda etapa, es decir el mineral sobre el cual se sigue experimentando, es ahora el preconcentrado conseguido con el ensayo de Sink & Float sobre la clase + 4 mallas (ver Tabla XIV).

Los datos relativos a este preconcentrado son los siguientes:

granulometría: menor 38 mm. - mayor de 4,7 mm.

ley de hierro : 38,4 %

recuperación de hierro: contiene el 85,2 % del hierro del mineral bruto.

Separación con líquidos pesados

Se separa una muestra de 6 kilos, se la tritura por etapas por debajo de 28 mallas (0,6 mm.) y se la tamiza, consiguiendo lo siguiente:

Tabla XLI - Tamizado de la muestra molida bajo 28 mallas (0,6 mm.)

Clase		Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley
mallas	mm.			
+ 35	0,42	24,7	38,1	941,07
+ 48	0,30	13,5	41,6	561,60
+ 65	0,21	17,8	43,3	770,74
+ 100	0,15	15,-	42,-	630,-
+ 150	0,10	5,6	34,9	195,44
+ 200	0,07	3,6	31,4	113,04
+ 270	0,05	2,3	31,4	72,22
+ 400	0,037	3,9	29,9	116,61
-4 00		13,6	35,9	488,24
Sumas		100,-		3888,96
Cabeza análisis			38,4	

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-40-

Cada clase ha sido separada con líquidos pesados, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla XLII - Unchimé - Separación con líquidos pesados, clase por clase -

Clase + 35 (0,42 mm.)

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución hierro %
flotado 2,86	5,7	13,6	77,52	2,-
" 2,96	4,6	17,4	80,04	2,1
" 3,20	13,6	24,9	338,64	8,9
" 3,33	15,-	32,5	487,50	12,8
hundido 3,33	61,1	46,2	2822,82	74,2
Sumas	100,-		3806,52	100,-
Cabeza análisis		38,1		

Clase + 48 (0,30 mm.)

flotado 2,86	5,90	14,5	85,55	2,1
" 2,96	3,70	18,6	68,82	1,7
" 3,20	9,55	24,4	233,02	5,7
" 3,33	11,95	32,1	383,60	9,3
hundido 3,33	68,90	48,4	3334,76	81,2
Sumas	100,-		4105,75	100,-
Cabeza análisis		41,6		

Clase + 65 (0,21 mm.)

flotado 2,86	5,85	14,6	85,41	2,-
" 2,96	3,80	19,3	73,34	1,7
" 3,20	10,50	25,2	264,60	6,2
" 3,33	7,65	32,6	249,39	5,9
hundido 3,33	72,20	49,5	3573,90	84,2
Sumas	100,-		4246,64	100,-
Cabeza análisis		43,3		

Clase + 100 (0,15 mm.)

flotado 2,86	11,9	15,3	182,07	4,4
" 2,96	4,75	19,-	90,25	2,2
" 3,20	12,25	25,9	317,28	7,6
" 3,33	8,5	35,2	299,20	7,2
hundido 3,33	62,6	52,3	3273,98	78,6
Sumas	100,-		4162,78	100,-
Cabeza análisis		42,-		

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-41-

Tabla XLII - (Sigues)

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución hierro %
Clase + 150 (0,10 mm.)				
flotado 2,86	23,6	12,-	283,2	8,1
" 2,96	6,5	16,-	104,-	3,-
" 3,33	29,-	30,-	870,-	25,1
hundido 3,33	40,9	54,2	2216,78	63,8
Sumas	100,-		3473,98	100,-
Cabeza análisis		34,9		

Clase + 200 (0,07 mm.)

flotado 2,86	31,7	11,3	358,21	11,3
" 2,96	3,6	15,6	56,16	1,8
" 3,33	24,8	26,5	657,20	20,7
hundido 3,33	39,9	52,6	2098,74	66,2
Sumas	100,-		3170,31	100,-
Cabeza análisis		31,4		

Clase + 270 (0,05 mm.)

flotado 2,86	32,2	9,7	312,34	10,4
" 2,96	7,6	13,9	105,64	3,5
" 3,33	26,6	28,4	755,44	25,1
hundido 3,33	33,6	54,5	1831,20	61,-
Sumas	100,-		3004,62	100,-
Cabeza análisis		31,4		

Clase + 400 (0,037 mm.)

flotado 2,86	35,4	9,6	339,84	11,5
" 2,96	6,3	11,6	73,08	2,5
" 3,33	22,3	27,7	617,71	20,9
hundido 3,33	36,-	53,5	1926,-	65,1
Sumas	100,-		2956,63	100,-
Cabeza análisis		29,9		

Para tener una visión de conjunto de estos resultados se los ha reunido en la tabla que sigue, omitiendo la fracción "flotado 3,20", dado que este líquido no fue empleado en las últimas cuatro clases



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-42-

Tabla XLIII - Unchimé, separación con líquidos pesados, clase por clase

Clase	Cabezas Ley Fe%	Productos separados							
		Flotado 2,86		Flotado 2,96		Flotado 3,33		Hundido 3,33	
		Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%
+ 35	38,1	5,7	13,6	4,6	17,4	28,6	28,9	61,1	46,2
+ 48	41,6	5,9	14,5	3,7	18,6	21,5	28,7	68,9	48,4
+ 65	43,3	5,9	14,6	3,8	19,3	18,1	28,4	72,2	49,5
+100	42,-	11,9	15,3	4,7	19,-	20,8	29,6	62,6	52,3
+150	34,9	23,6	12,-	6,5	16,-	29,-	30,-	40,9	54,2
+200	31,4	31,7	11,3	3,6	15,6	24,8	26,5	39,9	52,6
+270	31,4	32,2	9,7	7,6	13,9	26,6	28,4	33,6	54,5
+400	29,9	35,4	9,6	6,3	11,6	22,3	27,7	36,-	53,5
-400	35,9	clase no separada							

Sumando horizontalmente los pesos de cada clase, se consigue 100.

Recorriendo de arriba hacia abajo las columnas verticales, pesos y leyes, de cada producto, se nota lo siguiente:

- 1ª) en el producto "flotado 2,86" la ley se mantiene constante en las primeras cuatro clases alrededor del valor 14,5, después baja gradualmente hasta el valor 9,6; mientras que el peso es constante en las primeras tres clases, después sube gradualmente desde 5,9% hasta 35,4%; como se ve la variación en el peso es mucho mayor a la variación en la calidad o ley de hierro; el aumento del peso de esta fracción se debe a dos causas que son: la mayor liberación y la menor ley de hierro de la cabeza.
- 2ª) en el producto "hundido 3,33" la variación es al revés: la ley sube de 46,2 hasta 54,5 como máximo, mientras que el peso disminuye desde 72,2 hasta 33,6%; como antes la variación de la ley es mucho menor que la del peso.
- 3ª) en el producto "flotado 3,33" la ley se mantiene casi constante alrededor del valor 28%; el peso varía de 18 a 29 creciendo cuando disminuye el peso del hundido y viceversa.
- 4ª) en el producto "flotado 2,96" la ley disminuye de 19 a 11,6, mientras que el peso oscila entre 3,6 y 7,6. Dado que este producto es poca cantidad, conviene sumarlo al "flotado 2,86" y considerar el flotado acumulativo en 2,96; los valores resultantes son los siguientes:

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-43-

Tabla XLIV - Unchimed - Separación con líquidos pesados, reducida a tres productos

Clase	Cabezas Ley Fe%	Productos separados					
		Cola		Mixto		Concentrado	
		Flotado 2,96		Flotado 3,33		Hundido 3,33	
		Pesos%	Ley Fe %	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%
+ 35	38,1	10,3	15,3	28,6	28,9	61,1	46,2
+ 48	41,6	9,6	16,-	21,5	28,7	68,9	48,4
+ 65	43,3	9,7	16,4	18,1	28,4	72,2	49,5
+100	42,-	16,6	16,3	20,8	29,6	62,6	52,3
+150	34,9	30,1	12,8	29,-	30,-	40,9	54,2
+200	31,4	35,3	11,7	24,8	26,5	39,9	52,6
+270	31,4	39,8	10,5	26,6	28,4	33,6	54,5
+400	29,9	41,7	9,9	22,3	27,7	36,-	53,5
-400	35,9						

Este cuadro indica claramente que, disminuyendo el tamaño de la clase:

la ley de la cola tiende asintóticamente al valor 9,6% de Fe

la ley del concentrado tiende " " " 54,5% " "

la ley del mixto se mantiene alrededor del valor 29,-% " "

siendo la proporción en peso en las últimas tres clases aproximadamente la siguiente:

peso de la cola entre 35 y 40 %

peso del mixto entre 22 y 26 %

peso del concentrado entre 34 y 40 %

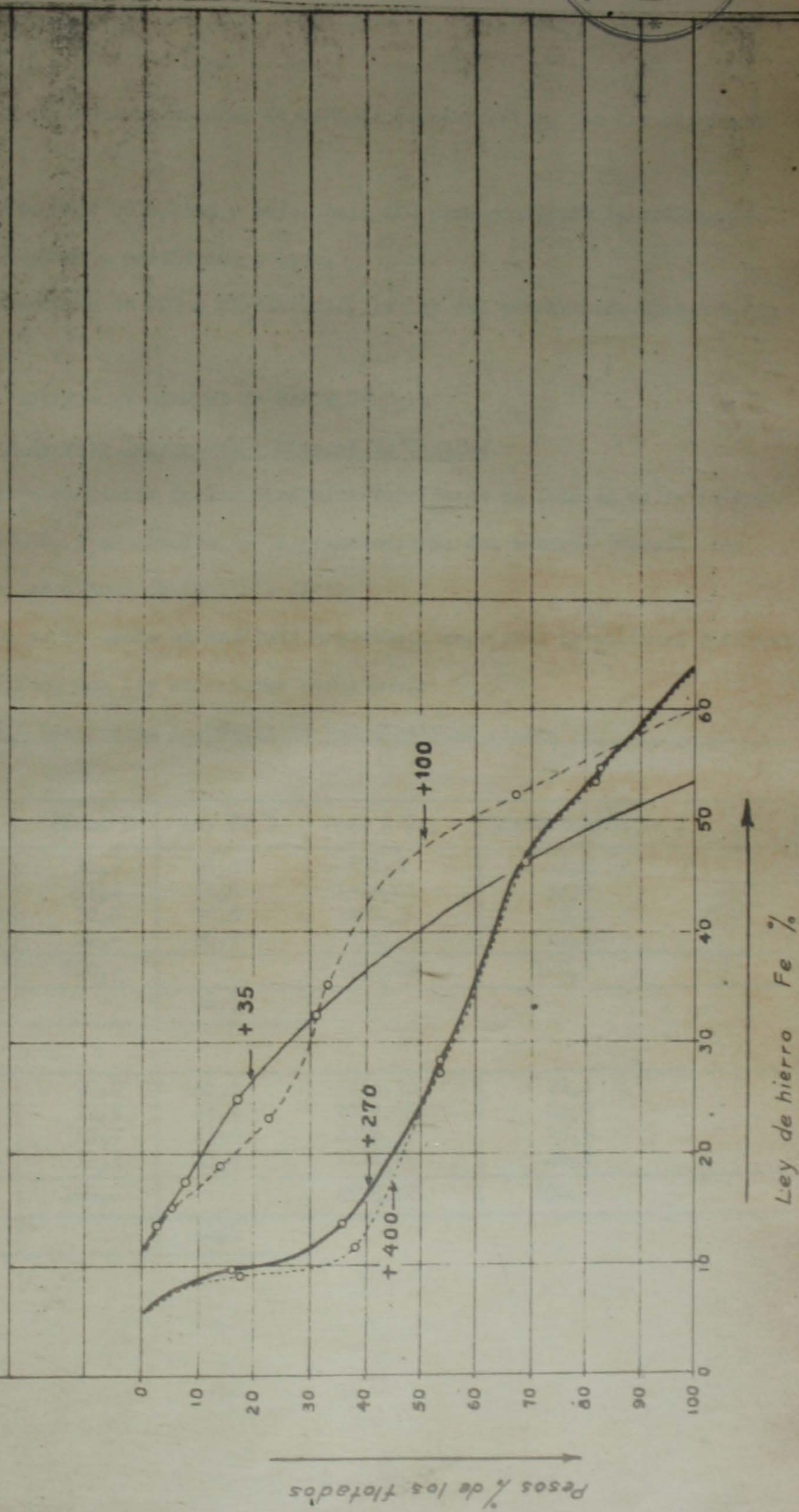
Para el mineral de Santa Bárbara el peso del mixto era del 48 % (ver pág. 24)

Si se considera el producto hundido en 3,33 como concentrado de una hipotética operación de concentración por gravedad, la recuperación del hierro en este producto alcanzaría los siguientes valores: (sacados de la tabla XL)

en la clase	+ 150	63,8 %
" " "	+ 200	66,2 %
" " "	+ 270	61,- %
" " "	+ 400	65,2 %

Con los datos de cada clase de la tabla XL se puede trazar la correspondiente curva de las leyes elementales; en la figura 14 aparecen únicamente las curvas de las clases + 35 + 100 + 270 + 400, para que se observe como se modifica la curva hacia una forma asillada, con el aumento de finesa de la clase.

FIGURA 14 — UNCHIMÉ
SEPARACIÓN CON LÍQUIDOS PESADÓS



INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-44-

En conclusión se trata de un mineral de difícil concentración, por las siguientes razones:

- 1ª) hay que moler todo bajo 65 mallas y mejor bajo 100 para conseguir la suficiente liberación de la ganga e partículas pobres.
- 2ª) aún en la granulometría de 100 a 37 micrones, la ley del concentrado apenas llega al 54,5 % de hierro.

Sin embargo es superior al mineral de Santa Bárbara

Separación magnética de alta intensidad - Mineral de Unchimed

Se ha estudiado la separación de los minerales ferríferos en función de la intensidad del campo magnético, y en función de la granulometría del mineral tratado. Las clases tratadas son las mismas de la tabla XXXIX.

Sobre cada clase se ha hecho un análisis magnético, empleando intensidades crecientes del campo magnético, con los siguientes resultados:

Tabla XLV - Unchimed - Separación magnética de las distintas clases

Clase + 35

Productos	Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución Fe %
Concentrado 0,55 A.	16,-	43,2	691,2	18,2
" 0,60 A.	31,4	41,9	1315,66	34,6
" 0,65 A.	32,6	38,6	1258,36	33,1
Cola 0,65 A.	20,-	26,9	538,-	14,1
Sumas	100,-		3803,22	100,-
Cabeza análisis		38,1		

Clase + 48

Concentrado 0,55 A.	20,2	46,3	935,26	22,4
" 0,60 A.	22,8	45,6	1039,68	24,9
" 0,65 A.	23,7	45,5	1078,35	25,9
Cola 0,65 A.	33,3	33,6	1118,88	26,8
Sumas	100,-		4172,17	100,-
Cabeza análisis		41,6		



-45-

Tabla XLV - (sigue)

Clase + 65

Productos	Pesos%	Ley Fe %	Peso x Ley	Distribución Fe %
Concentrado 0,55 A.	10,3	50,3	518,09	12,-
" 0,60 A.	27,-	48,4	1306,80	30,1
" 0,65 A.	29,5	47,2	1392,40	32,1
Cola 0,65 A.	33,2	33,7	1118,84	25,8
Sumas	100,-		4336,13	100,-
Cabeza análisis		43,3		

Clase + 100

Concentrado 0,55 A.	8,3	56,4	468,12	11,-
" 0,60 A.	31,4	50,8	1595,12	37,6
" 0,65 A.	21,-	48,1	1010,10	23,8
Cola 0,65 A.	39,3	29,8	1171,14	27,6
Sumas	100,-		4244,48	100,-
Cabeza análisis		42,-		

Clase + 150

Concentrado 0,525A.	24,4	50,5	1232,20	35,3
" 0,55 A.	41,7	41,5	1730,55	49,7
" 0,70 A.	13,9	22,2	308,58	8,8
Cola 0,70 A.	20,-	10,9	218,2	6,2
Sumas	100,-		3489,33	100,-
Cabeza análisis		34,9		

Clase + 200

Concentrado 0,525A.	47,5	45,9	2180,25	69,1
" 0,55 A.	11,4	34,3	391,02	12,4
" 0,70 A.	12,5	22,9	286,25	9,1
Cola 0,70 A.	28,6	10,4	297,44	9,4
Sumas	100,-		3154,96	100,-
Cabeza análisis		31,4		

Clase + 270

Concentrado 0,55 A.	49,5	44,1	2182,95	72,1
" 0,60 A.	11,7	32,9	384,93	12,7
" 0,65 A.	5,3	23,9	126,67	4,2
Cola 0,65 A.	33,5	9,9	331,65	11,-
Sumas	100,-		3026,20	100,-
Cabeza análisis		31,4		

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-46-

Tabla XLV (sigue)

Clase + 400

Productos	Pesos%	Ley Fe%	Peso x Ley	Distribución Fe%
Concentrado 0,525A.	40,3	44,8	1805,44	61,2
" 0,55 A.	10,6	39,5	418,70	14,2
" 0,70 A.	11,6	29,1	337,56	11,4
Cola 0,70 A.	37,5	10,4	390,-	13,2
Sumas	100,-		2951,70	100,-
Cabeza análisis		29,9		

Para facilitar la confrontación de estos resultados, se los ha reunido en la tabla que sigue:

Tabla XLVI - Unchimé - Separación magnética, confrontación de las clases

Clases	Productos de la separación magnética									
	Cabezas		0,5 Amperes		0,6 Amperes		0,65 Amperes		Cola	
	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%
- 35	24,7	38,1	16,-	43,2	31,4	41,9	32,6	38,6	20,-	26,9
- 48	13,5	41,6	20,2	46,3	22,8	45,6	23,7	45,5	33,3	33,6
- 65	17,8	43,3	10,3	50,3	27,-	48,4	29,5	47,2	33,2	33,7
-100	15,-	42,-	8,3	56,4	31,4	50,8	21,-	48,1	39,3	29,8
-150	5,6	34,9	24,4	50,5	41,7	41,5	13,9	22,2	20,-	10,9
-200	3,6	31,4	47,5	45,9	11,4	34,3	12,5	22,9	28,6	10,4
-270	2,3	31,4	49,5	44,1	11,7	32,9	5,3	23,9	33,5	9,9
-400	3,9	29,9	40,3	44,8	10,6	39,5	11,6	29,1	37,5	10,4
-400	13,6	35,9								

Se desprende de la observación de esta tabla que la variación de los pesos y leyes a lo largo de las columnas verticales es muy irregular; conviene reducir los productos de la separación a sólo tres productos, concentrado, mixto y cola, reuniendo oportunamente algunos de ellos, según el valor similar de las leyes; con lo cual se obtuvo la tabla siguiente:

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-47-

Tabla XLVII - Unchimé - Separación magnética, confrontación de las clases

Clase	Cabezas Ley Fe%	Productos de la separación magnética						
		Concentrados			Mixtos		Colas	
		Pesos%	Ley Fe%	Recup.	Pesos%	Ley Fe%	Pesos%	Ley Fe%
- 35	38,1	47,4	42,3	52,8	32,6	38,6	20,-	26,9
- 48	41,6	66,7	45,7	73,2	33,3	33,6	—	—
- 65	43,3	66,8	48,1	74,2	33,2	33,7	—	—
-100	42,-	60,7	50,6	72,4	39,3	29,8	—	—
-150	34,9	66,1	44,8	85,-	—	—	33,9	15,5
-200	31,4	47,5	45,9	69,4	11,4	34,3	41,1	14,2
-270	31,4	49,5	44,1	72,1	11,7	32,9	38,8	11,8
-400	29,9	40,3	44,8	61,2	10,6	39,5	49,1	14,8
-400	35,9							

La suma horizontal de los pesos de cada clase da 100,-

La variación de las leyes sigue siendo irregular, debido en parte a la notable diferencia entre las leyes de las varias clases, desde 29,9% de Fe de la clase + 400 hasta 43,3% de la clase + 65.

Limitándonos sin embargo a considerar las solas clases finas + 150 + 200 + 270 + 400 podemos afirmar que la separación magnética de alta intensidad consigue separar tres productos que son:

un concentrado magnético de ley 45%	peso 50%	recuperación Fe 71,-%
un mixto magnético " " 32	peso 12	" " 12,1
una cola " " 14	peso 38	" " 16,8
	<u>100,-</u>	<u>100,-</u>

resultado algo superior a la correspondiente separación de Santa Bárbara (ver pág. 28)

Separación magnética de baja intensidad, previa tostación reductora del mineral, para transformar los óxidos de hierro en magnetita. Unchimé.

Al igual de Santa Bárbara, también con Unchimé, el desarrollo de la experimentación ha sido el siguiente; en dos etapas:



-48-

1ª) Se empezó con ensayar sobre muestras de 50 gramos, clases granulométricas; haciendo la tostación reductora en el aparato de la figura 9, y la concentración en un aparato magnético en seco, marca Stearns, del tipo Wetherill.

2ª) Como segunda etapa se ensayó sobre muestras de 20-40 kilos, no clasificadas, haciendo la tostación reductora en el horno de la figura 12, y la concentración en un separador magnético para pulpa, marca Dings, del tipo Grockett. Los ensayos de esta segunda etapa se hicieron directamente sobre el mineral bruto, no preconcentrado.

1ª) etapa - Ensayos sobre muestras clasificadas de 50 gramos cada una.

La tostación magnetizante, que antecede la separación magnética, fue realizada en el mismo aparato (fig. 10) y con la misma modalidad empleados para el mineral de Santa Bárbara. Se investigó la influencia del tiempo de tostación sobre la separación magnética, ensayando dos clases granulométricas, la + 100 con ley 42%, y la + 270 con ley 33,2. Los resultados son los siguientes:

Tabla XLVIII - Unchiné - Tostación 5 minutos clase + 100 - Separación magnética

Productos Amperes	Pesos%	Ley Fe%	Peso x Ley	Id. %	Ley Fe ⁺ %	Peso x Ley	$\frac{\text{Fe}^+}{\text{Fe tot.}} \times 100$
Conc. 0,1 A.	28,8	44,9	1293,12	30,7	10,-	288,-	22,3
" 0,15A.	47,-	40,9	1922,30	45,6	10,5	493,50	25,6
" 0,25A.	15,-	40,5	607,50	14,4	6,5	97,50	16,-
Cola	9,2	42,8	393,76	9,3	3,8	34,96	9,-
Sumas	100,-		4216,68	100,-		913,96	

Idem - Tiempo de tostación: 15 minutos - clase + 100

Conc. 0,06 A.	15,-	59,7	895,5	20,1	17,5	262,50	29,3
Conc. 0,08 A.	43,4	53,2	2308,88	51,7	16,1	698,74	30,2
Conc. 0,10 A.	22,9	37,4	856,46	19,2	13,7	313,73	60,-
Cola	18,7	21,4	400,18	9,-	10,9	203,83	51,4
Sumas	100,-		4461,02	100,-		1478,80	

Idem - Tiempo de tostación: 25 minutos - clase + 100

Conc. 0,08 A.	23,-	59,-	1357,-	30,2	19,6	450,8	33,2
Conc. 0,10 A.	43,6	52,2	2275,92	50,7	20,4	889,44	39,1
Conc. 0,12 A.	15,3	32,9	503,37	11,2	15,8	241,74	48,-
Cola	18,1	19,7	356,57	7,9	12,3	222,63	62,4
Sumas	100,-		4492,86	100,-		1804,61	
Cabeza tostada		45,3			16,3		36,-
Id. antes de tostar		42,-			3,8		9

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-49-

Estos resultados permiten hacer las mismas deducciones ya hechas con el mineral de Santa Bárbara, como ser:

- 1º) Tiempo 5 minutos: no es suficiente; borra cualquier diferencia magnética entre los minerales; la cola presenta casi la misma ley del concentrado.
- 2º) Tiempo 15 minutos: el porcentaje de ferroso alcanza en los dos primeros concentrados el valor que corresponde a la magnetita; la separación es buena y se cumple con un valor mínimo del campo magnético.
- 3º) Tiempo 25 minutos: La reducción ha sido exagerada, en el sentido que ha progresado más allá del término magnetita; sin embargo la separación magnética sigue buena, a pesar de la necesidad de un campo magnético un poco más intenso (0,08 Amperes en lugar de 0,06).

Se investigó después la influencia de la granulometría, ensayando con el mismo proceso, tostación reductora y separación magnética, una clase más fina, la + 270; con este fin se tomó una nueva muestra del preconcentrado, se la trituro en seco bajo 48 mallas y se la tamizó, consiguiendo:

Tabla XLIX - Unchimé - Tamizado del preconcentrado molido bajo 48 mallas

Clase		Pesos %	Ley Fe %	Peso x Ley
mallas	mm.			
+ 65	0,21	22,3	43,4	967,82
+ 100	0,15	29,4	42,3	1243,62
+ 150	0,10	12,2	38,1	464,82
+ 200	0,07	6,9	34,8	240,12
+ 270	0,05	3,2	33,4	106,88
+ 400	0,037	6,6	32,3	213,18
- 400		19,4	38,6	748,84
Sumas		100,-		3985,28
Cabeza análisis			38,4	

Sobre la clase + 270 se repitieron los ensayos de tostación haciendo variar únicamente el tiempo de tostación; se experimentó con 3,5 y 15 minutos, en lugar de 5, 15 y 25, para tener en cuenta la granulometría más fina; los resultados conseguidos son los siguientes:

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-50-

Tabla L - Unchimedé - Clase + 270 - Tostación 3 minutos - Separación magnética

Productos Aperes	Pesos%	Ley Fe%	Peso x Ley	Id. %	Ley Fe ⁻ %	Peso x Ley	Fe — Fe tot. x 100
Conc. 0,17A.	20,2	41,8	844,36	24,8	7,1	143,42	17,-
" 0,30A.	19,2	37,1	712,32	20,9	4,8	92,16	13,-
" 0,40A.	20,9	44,2	923,78	27,2	4,8	100,32	10,8
" 0,50A.	20,5	33,6	688,80	20,3	4,2	86,10	12,5
Cola	19,2	12,-	230,40	6,8	2,4	46,08	20,-
Sumas	100,-		3399,66	100,-		466,08	
Cabeza tostada anal.		34,1			4,8		

Idem - Tiempo de tostación: 5 minutos

Conc. 0,11A.	43,8	48,4	2119,92	64,-	16,2	709,56	33,4
" 0,12A.	14,-	34,8	487,20	14,7	11,4	159,60	32,8
" 0,14A.	11,8	23,8	280,84	8,5	10,4	122,72	43,7
" 0,16A.	9,3	19,3	179,49	5,4	8,4	78,12	43,5
Cola	21,1	11,6	244,76	7,4	6,9	145,59	60,-
Sumas	100,-		3312,21	100,-		1215,59	
Cabeza anal.		34,2			11,5		

Idem - Tiempo de tostación: 15 minutos

Conc. 0,08A.	41,7	53,3	2222,61	64,8	21,1	879,87	39,6
" 0,09A.	12,2	38,2	466,04	13,6	17,5	213,50	45,8
" 0,11A.	12,3	24,4	300,12	8,8	13,8	169,74	56,5
" 0,14A.	13,8	17,-	234,60	6,8	10,3	142,14	60,6
Cola	20,-	10,3	206,-	6,-	7,2	144,-	70,-
Sumas	100,-		3429,37	100,-		1549,25	
Cabeza anal.		34,7			15,7		

Estos resultados confirman en parte los de la clase anterior + 100, en el sentido de que:

3 minutos de tostación son insuficientes a los efectos de conseguir una separación magnética eficiente; el porcentaje de reducción a ferroso no es suficiente (ver ley de Fe—)

5 minutos de tostación; la ley de ferroso alcanza el valor que corresponde a la magnetita; la separación magnética ha mejorado mucho; pero es inferior a la que sigue.

15 minutos de tostación: la reducción ha progresado más allá del término magnetita: 39,6% de ferroso en el concentrado y 70,-% en la cola; la separación magnética es muy buena, alcanzando casi el resultado de la separación con líquidos pesados (ver tabla XII, clase -270).



Faltaría ensayar con tiempos de tostación todavía más largos para determinar el grado de reducción que pueda resultar exagerado a los efectos de la separación magnética.

Para facilitar la confrontación entre los resultados conseguidos con los distintos tiempos de tostación reductora sobre las dos clases + 100 y + 270, se presenta la siguiente tabla, en la cual los productos de cada clase han sido agrupados, reduciéndolos a sólo tres: un concentrado, un mixto y una cola:

Tabla LI - Unchimé - Separación magnética con distintos tiempos de reducción

Clase + 100 - Ley Fe 42,-%

Tiempos de reducción minutos	Concentrados			Mixtos			Colas		
	Ley Fe%	Recup.%	Fe—% Fe tot.	Ley Fe%	Recup.%	Fe—% Fe tot.	Ley Fe%	Recup.%	Fe—% Fe tot.
5	44,9	30,7	22,3	40,8	60,-	23,2	42,8	9,3	9,-
15	54,8	71,8	30,1	37,8	19,2	60,-	21,4	9,-	51,4
25	54,5	80,9	37,-	32,9	11,2	48,-	19,7	7,9	62,4

Clase + 270 . Ley Fe 33,4 %

3	41,1	72,9	13,4	33,6	20,3	12,5	12,-	6,8	20,-
5	48,4	64,-	33,4	30,-	23,2	36,3	14,-	12,8	52,1
15	53,3	64,8	39,6	21,3	22,4	50,-	13,-	12,8	64,6

En cada horizontal de la tabla, la suma de las recuperaciones da 100,-

La confrontación se hace recorriendo las columnas verticales. La diferencia de ley entre la clase + 100 y + 270 se debe a una concentración del hierro por efecto de molienda diferencial (ver tabla XLIV).

Se concluye por lo tanto que la tostación reductora, que precede a la separación magnética, tiene que ser en exceso, en el sentido de conseguir un producto tostado con una ley de hierro ferroso, referida al hierro total, entre 40 y 50%, es decir superior al valor 33% que corresponde a la magnetita; un tiempo de 15 minutos es suficiente para ambas clases + 100 y + 270 en las condiciones experimentadas: 700°C, gas 30,-% de monóxido de carbono.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-52-

La separación magnética del producto así tostado obtiene un concentrado con ley 54,5% y recuperación 80,9 en la clase + 100
 " 53,3 " 64,8 " " + 270

2ª) Etapa - Ensayos sobre muestras de 20 kilos, con concentración en un separador magnético para pulpa Dings, tipo Crockett

El objeto de esta segunda etapa, es como ya se dijo para el mineral de Santa Bárbara, aproximarse mayormente a la forma de trabajo de una posible planta industrial; con este fin: 1ª) se trabajó sobre una muestra bruta no preconcentrada (teniendo en cuenta el resultado poco satisfactorio de la preconcentración); 2ª) se empleó un separador magnético para pulpa; 3ª) se operó sobre lotes de 20 kilos en lugar de 50 gramos.

La operación de testación fue realizada en el horno de la figura 12 ya descripto a pág. 31, y la separación magnética en el separador de la figura 13, de la casa Dings.

El resultado de la separación magnética efectuado en nuestro laboratorio en el aparato Dings de tamaño industrial ha sido el siguiente:

Tabla LII - Unchimé: separación magnética en húmedo, mineral bruto no prec. - 65 mall.

Productos	Pesos%	Ley Fe%	Peso x Ley	Idem%	Fe—%	Peso x Ley	Fe— % Fe total
Concent.	50,3	46,4	2333,92	66,4	17,5	880,25	37,7
Mixto	7,8	28,9	225,42	6,4	12,2	95,16	42,2
Cela	41,9	22,8	955,17	27,2	10,-	419,-	43,8
Sumas	100,-		3514,51	100,-		1394,41	
Cabeza tostada anal.		35,6			13,1		
Cabeza no tostada"		34,-					

El resultado de la separación magnética efectuada en el Instituto de Investigaciones Mineras de la Facultad de Ingeniería de San Juan, bajo la dirección del Ing^o

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-53-

Ramón Ruiz Bates; en un aparato de laboratorio en húmedo, ha sido el siguiente:

Tabla LIII - Unchimé: separación magnética en húmedo, mineral brute no preconcentrado

Productos	Pesos%	Ley Fe%	PesoxLey	Idem%	Fe ⁺⁺⁺ %	PesoxLey	Fe ⁺⁺⁺ / Fe total
Concentrado	50,2	47,-	2359,40	68,6	14,1	707,82	30,-
Mixto	8,7	29,3	254,91	7,4	11,6	100,92	40,-
Cola	41,1	20,1	826,11	24,-	9,4	386,34	46,7
Sumas	100,-		3440,42	100,-		1195,08	
Caneza tostada anal.		35,7			15,4		
Cabeza no tostada"		34,-					

En San Juan la concentración se hizo según el esquema de la figura 15, por el hecho de que el aparato de ellos puede dar sólo dos productos, y no tres, como el nuestro; por esta razón en San Juan se hizo una primera concentración con un campo magnético fuerte (intensidad de la corriente dos amperes) y después se repasó el preconcentrado magnético con un campo más débil para dividir el preconcentrado en un concentrado y una medianía o mixto. Mientras que con nuestro aparato se hizo una sola operación, obteniendo directamente con esta los tres productos, concentrado, mixto y cola.

A pesar de esta diferencia de procedimiento, los resultados nuestros y de San Juan son parecidos, como es dable observar en la tabla siguiente, que facilita la confrontación:

Tabla LIV- Separación magn. en húmedo: en San Juan y en nuestro laboratorio

Lugar del ensayo	Concentrado			Mixto			Cola		
	Peso%	Ley Fe%	Recup. %	Peso%	Ley Fe%	Recup. %	Peso%	Ley Fe%	Recup. %
San Juan	50,2	49,-	68,6	8,7	29,3	7,4	41,1	20,1	24,-
Jujuy	50,3	46,4	66,4	7,8	28,9	6,4	41,9	22,8	27,2

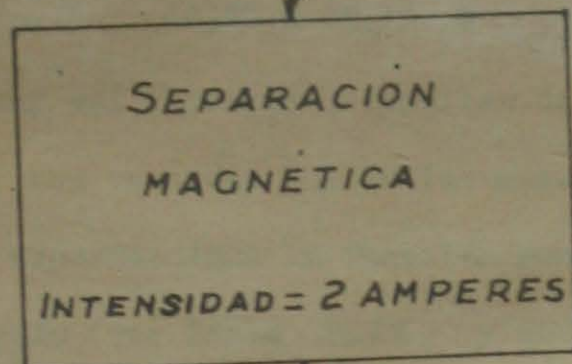
Este resultado difiere substancialmente de cuanto se había obtenido operando sobre clases granulométricas del mineral preconcentrado, ver pág. 52, es decir:



FIGURA 15

ESQUEMA DE LA SEPARACIÓN MAGNÉTICA REALIZADA EN SAN JUAN

ALIMENTACIÓN 5 % SÓLIDOS



COLA

LIMPIEZA DEL
PRECONCENTRADO
INTENSIDAD = 1,1 AMPERES

MEDIANÍA

CONCENTRADO

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-54-

ley 54,5% y recuperación 80,9% en la clase + 100

ley 53,3 " " 64,8% " " " + 270

La diferencia substancial existe en las leyes: entre 54,-% de antes y 49,-% actual; para confrontar las recuperaciones hay que recordar que anteriormente, se ensayó el mineral preconcentrado y que por lo tanto las recuperaciones citadas tienen que ser multiplicadas por 85,2%, que es la recuperación del hierro conseguida en la operación de preconcentración sobre la clase + 4; los datos corregidos resultan ser:

ley 54,5% y recuperación $80,9\% \times 85,2\% = 68,9\%$ en la clase + 100ley 53,3% " " $64,8\% \times 85,2\% = 55,2\%$ " " " + 270

Las recuperaciones así corregidas resultan del mismo orden de las actuales o inferiores; además hay que recordar que en los ensayos anteriores sobre clases del preconcentrado, no fue experimentada la fracción menor 400 mallas, que es el 19,4% en peso del preconcentrado (ver Tabla XLIX) y que es la clase más difícil de concentrar, debido a su gran fineza, menor de 37 micrones.

La diferencia entre las leyes conseguidas, 49,-% de hierro en lugar de 54,-% de antes, se debe principalmente al extenso espectro granulométrico experimentado, menor 65 mallas (0,21 mm.) hasta cero, en lugar de las estrechas clases granulométricas de antes; esto acarrea el fenómeno de la equivalencia magnética, por el cual en un campo magnético, una partícula rica en hematita, pero chica, sufre la misma fuerza de atracción de una partícula más pobre, pero de mayor tamaño.

Conclusión

Los ensayos realizados nos permiten afirmar que el mineral de Unchimé entregado a este laboratorio puede ser concentrado según el esquema mollienda menos 65 mallas en seco, tostación reductora, separación magnética de baja intensidad en seco o en húmedo, obteniéndose:

un concentrado con ley	49,-%	recuperación	68,6%
un mixto	" "	"	7,4%
una cola	" "	"	24,-%
siendo la ley de cabeza	34,-%		100,-%

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-55-

Si se quiere conseguir un concentrado de mayor ley, que en ningún caso podrá superar el 56% en hierro, hay que alimentar los separadores magnéticos con clases granulométricas apropiadas, muy cerradas, como se ha hecho en laboratorio, lo cual encarece y complica el funcionamiento de la planta industrial de concentración. Además significa ~~una menor recuperación~~ una menor recuperación.

Con el mineral de Unchiné se hicieron varios ensayos de flotación por espuma según las tres posibles modalidades:

- 1º) Flotación aniónica de la hematita
- 2º) Flotación catiónica de la ganga
- 3º) Flotación aniónica del cuarzo activado por el ión Calcio en pH 11,5.

Los mejores resultados conseguidos corresponden al último método, pero por ser muy inferiores a los resultados obtenidos por medio de la separación magnética, hemos omitido de dar las tablas correspondientes.

Ensayos de defosforización mediante lixiviación con ácidos

Es interesante poder bajar la ley de fósforo de los concentrados de Santa Bárbara y Unchiné, sea en general para facilitar la sucesiva etapa de transformación del arrabio en acero sin necesidad de emplear el proceso Thomas; y sea en particular para aumentar el porcentaje de su posible empleo, como carga aditiva, en la planta siderúrgica de San Nicolás.

Dada la extrema fineza de los minerales de fósforo (todavía no bien identificados) presentes en estas menas, únicamente un proceso de lixiviación puede conseguir de bajar la ley de fósforo.

Se ensayó por lo tanto la lixiviación con ácido clorhídrico; se experimentó únicamente con este ácido por ser el que mejor ataca los minerales de fósforo (ver: 1º - Bureau of Mines, RI 6844- "Chemical Processing of Florida Phosphate rock slime" de M.H. Stanczyk y I.L. Feld- 2º- Mineral de magnetita de Sierra Grande, por A. Gierda-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-56-

na), y por ser un sub-producto de la fábrica de papel del Ingenio Ledesma.

Todos los ataques se hicieron en frío, agitando durante 30 minutos, 10 y 20 gramos de mineral con 150 cc. de la solución ácida. Las variables que se estudiaron fueron la granulometría del mineral y la concentración del ácido; por ejemplo atacando con solución de HCl 0,5%:

la clase + 35 mallas de Santa Bárbara, pasó en solución 32% de fósforo

la clase + 200 " " " " " " " 63% " "

la clase + 35 " " Unchimé, paso en solución el 32% " "

la clase + 200 " " " " " " " 86% " "

y atacando con solución 1,5 % de HCl:

la clase + 35 mallas de Santa Bárbara, pasó en solución el 55% de fósforo

la clase + 100 " " " " " " " 73% " "

la clase + 150 " " " " " " " 73% " "

la clase + 35 " " Unchimé " " " " 40% " "

la clase + 150 " " " " " " " 81% " "

Resultó de esta serie de ensayos que para poder disminuir del 70% el contenido de fósforo, en ambos minerales de Santa Bárbara y Unchimé, es necesario atacar el mineral molido bajo 100 mallas durante 30 minutos con soluciones de HCl al 1%.

Con la misma modalidad de ataque, mineral bajo 100 mallas, HCl al 1%, tiempo 30 minutos, se experimentó la solubilidad del fósforo en el mineral brute tostado y no tostado, (tostación magnetizante en ambiente reductor), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla LV - Santa Bárbara: ataque con ácido del mineral tostado y no tostado

Tabla LV - Santa Bárbara: ataque con ácido del mineral tostado y no tostado							
	Ley Fe	Ley P	Fe% que pasa en solución	P% que pasa en solución	Ley P% en el residuo filtr.	Consumo de ácido kg/ton	
Bruto	No tostado	32,3	0,53	2,6	73,-	0,14	52,-
	tostado	33,4	0,54	0,5	70,-	0,15	15,-
Idem Unchimé							
Bruto	no tostado	34,-	0,42	1,24	76,1	0,10	35,6
	tostado	35,7	0,43	0,6	72,-	0,12	13,-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-57-

Resulta de esta tabla que atacando con ácido ambos minerales tostados, disminuye notablemente el consumo de ácido y la cantidad de hierro que pasa en solución, no variando prácticamente la solubilidad de los minerales de fósforo; esto se debe a la menor solubilidad en ácidos de la magnetita formada en la tostación reductora.

La desfosforización por medio de ataque con la solución diluida de HCl puede ser efectuada sobre todo el mineral bruto o únicamente sobre el concentrado magnético; si se realizara sobre el mineral bruto, podría efectuarse en el mismo circuito de la concentración magnética, con el empleo de materiales apropiados resistentes a la solución ácida de HCl al 1%. Si se realizara únicamente sobre el concentrado magnético, sería una etapa más a efectuarse sobre este solo producto en oportunos agitadores de capacidad suficiente para el tiempo de ataque previsto. En ambos casos, el líquido filtrado del concentrado o de los productos de la separación magnética, constituye la solución rica de fósforo, que puede ser aprovechada para la recuperación del fósforo. Se recuerda que el concentrado magnético, antes de pasar a la etapa de peletización, siempre tiene que ser separado del agua o por filtración o por centrifugación. El fósforo contenido en el agua así separada podría ser recuperado por medio de un proceso de intercambio de iones empleando una resina aniónica, o por contacto o en columna de percolación. La solución pobre de fósforo volvería en circuito. No se hicieron ensayos en este campo; pero podemos hacer referencia a un trabajo de laboratorio hecho por el "Bureau of Mines" de U.S.A., RI. 6844, en el cual se lixivía con HCl lamas de rocas fosfáticas de Florida y se recupera el fósforo por medio de resinas, obteniendo recuperaciones del 99,4% ("Chemical Processing of Florida Phosphate Rock Slime" de M.H. Staszkyk and I.L. Feld).



MINISTERIO DE ECONOMIA Y TRABAJO
SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA Y MINERIA
SUBSECRETARIA DE MINERIA Y COMBUSTIBLES
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

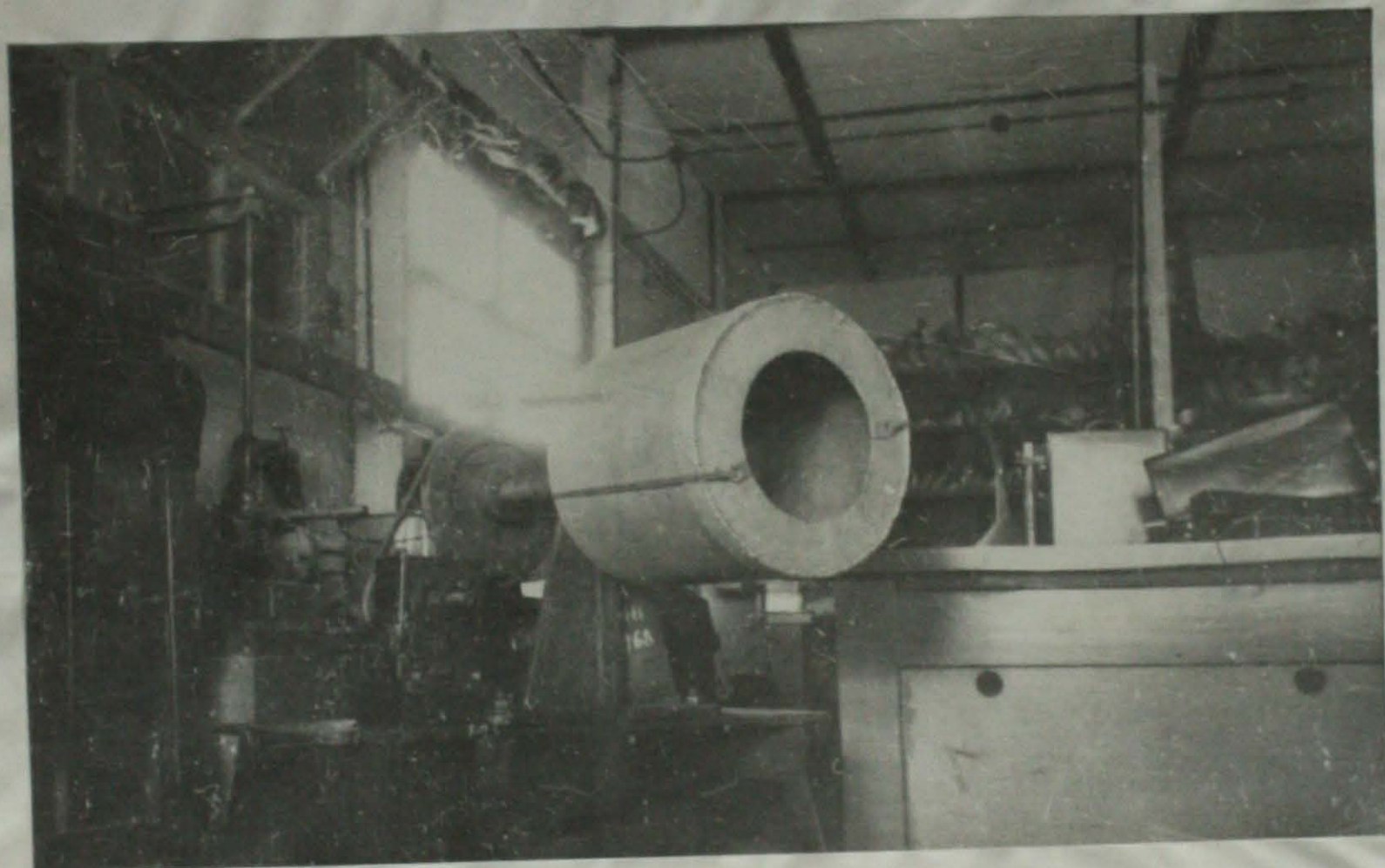


Fig.16.- Tambor para hacer Pellets.

RESTAN MAPAS





INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-58-

Ensayos de peletización de los concentrados

La granulometría de los concentrados, menor de 100 mallas (0,15 mm.), obliga a un proceso de aglomeración para satisfacer a las exigencias de las fundiciones. Entre los métodos de aglomeración actualmente aplicados a los minerales de hierro, la peletización se presenta como el más indicado, dada la granulometría muy fina del concentrado. El método de peletización, a pesar de haberse desarrollado después de 1944, es un proceso hoy en día muy bien afirmado, con una capacidad de producción de las plantas instaladas en todo el mundo en 1967 de 100 millones de toneladas por año.

Entre los minerales de hierro, la magnetita natural es el que presenta condiciones más favorables para su peletización.

Una magnetita artificial, producto de la tostación reductora de cenizas de pirita, es peletizada en la planta de la Montecatini en Fellonica (Italia), que trata 2.200 toneladas diarias de pirita con un contenido de 35-39% de azufre y 35-39% de hierro. (los pellets contienen 66,6% de hierro).

A pesar de los antecedentes citados, se quiso igualmente ensayar en laboratorio la peletización de los concentrados de Santa Bárbara y Unchimedé, por la considerable diferencia de ley de hierro entre estos y los minerales peletizados por la industria en la actualidad, que como mínimo tienen 60, -% de hierro (contra 43, -% del concentrado de Santa Bárbara, y 49, -% de Unchimedé).

Con este fin se construyó el tambor de la figura 16 para la fabricación de los pellets húmedo o verde ("green pellets"), y el horno de la fig. 17 para la cocción o quemado de los mismos ("fired pellets").

Se hicieron varios ensayos, variando la granulometría del mineral, la cantidad y tipo de aditivos como aglomerantes, y el diagrama de la temperatura en función del tiempo en la fase de cocción.

En una primera etapa se juzgó la calidad de los pellets producidos midiendo únicamente la resistencia a la compresión (medida en el momento de rotura de los mismos). En una segunda etapa se trató de comparar la reductibilidad de los pellets producidos entre



MINISTERIO DE ECONOMIA Y TRABAJO
SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA Y MINERIA
SUBSECRETARIA DE MINERIA Y COMBUSTIBLES
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA

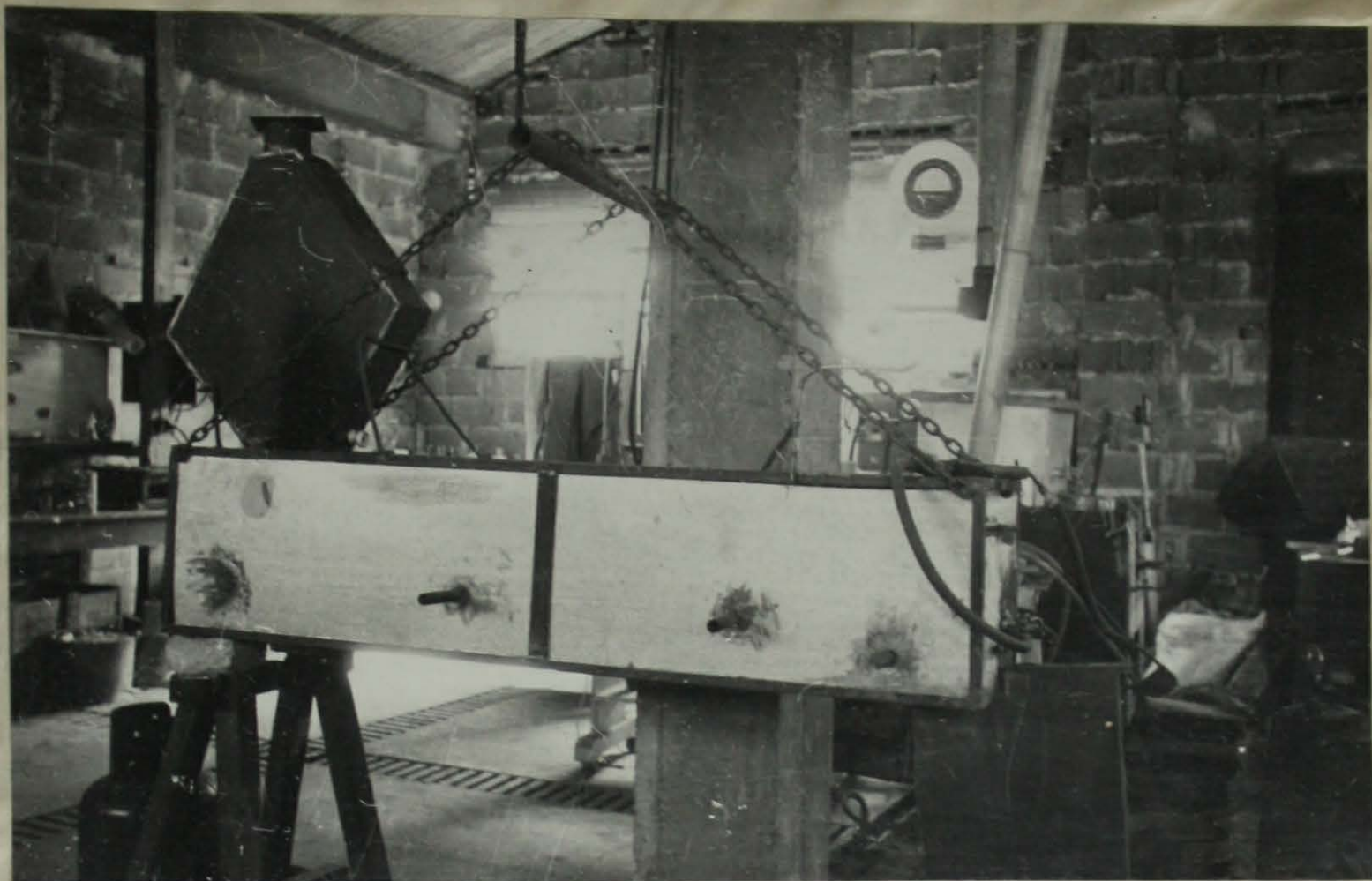


Fig.17.-Horno para coción Pellets:quemado.

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-59-

sí y con el mineral no quemado.

Con estos ensayos se pudo establecer que la granulometría tiene que ser más fina de la que presenta el concentrado, menor de 100 mallas; el concentrado molido bajo 270 mallas (0,074 mm.), lo cual es práctica corriente en las plantas de pelletización existentes (por ejemplo planta de Humboldt Mining Co. en Michigan, U.S.A., en donde el concentrado de flotación es remolido antes de ser peletizado). Además es necesario agregar un aglomerante; se ensayó cal hidratada y bentonita; se consiguieron los siguientes resultados:

Tabla LVI - Concentrado magnético Unchimé, ley Fe 49, -% Quemado de pellets

Nº ensayo	Tipo aditivo	Temperatura máxima	Tiempo de la misma minutos	Tipo de llama	Resistencia a la rotura a la compresión kg. por cm ²
8º	sin nada	1200º C	30	oxid.	47
	con 0,5% bentonita	id.	id.	id.	57
12º	con 0,5% cal	1250º C.	15	neutra	182
	con 1, -% cal	id.	id.	algo oxid.	98
	con 0,5% bentonita	id.	id.	oxid.	32
11º	con 0,5% cal	1250º C.	5	reduct.	98
	con 1, -% cal	id.	"	id.	112
	con 0,5% bentonita	id.	"	id.	72
10º	sin nada	1250º C.	15	reduct.	92
	con 0,5% bentonita	id.	"	id.	252
	con 1, -% bentonita	id.	"	id.	301

En cada ensayo se registró el curso de la temperatura en función del tiempo; por ejemplo en el ensayo 10, la variación de la temperatura ha sido la de la figura 18, caracterizado por un período de secado y pre-oxidación de 50 minutos, un período de quemado de 15 minutos y un enfriamiento muy largo, en forma análoga a la realizada en la planta de la Hanna Mining Co. en Minnesota U.S.A. (ver la revista "Mining Engineering," September 1966, pág. 47-52).

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-60-

Resultaría de estos ensayos orientativos, que es posible alcanzar con el quemado de los pelets, los siguientes valores de resistencia a la rotura a compresión de los mismos:

sin ningún aditivo como aglomerante	92 kg/cm ²
con 0,5 % de cal	182 "
con 0,5 % de bentonita	252 "
con 1, - % " "	301 "

efectuando el quemado en llama reductora o neutra, y según el diagrama de la figura 18.

Una resistencia a la rotura a la compresión de 150 kg. por cm² es suficiente para pelets destinados a altos hornos a coque metalúrgico.

El presente estudio por falta de tiempo y de equipo, no pretende ser completo; sobre los pelets producidos falta determinar la resistencia a la abrasión ("tumble test") y sobre todo la reductibilidad. Dado el elevado contenido de sílice y alúmina es muy fácil que durante el quemado puedan formarse silico-aluminatos de hierro, mucho menos reductibles de los óxidos de hierro, y al mismo tiempo, por efecto de una temperatura demasiado elevada y prolongada, puedan cerrarse los poros, disminuyendo la posibilidad de acceso al interior del pelets por parte de los gases reductores. Por ejemplo en una primera determinación de reductibilidad por medio de reducción durante 30 minutos en corriente de hidrógeno puro, a 990° de temperatura, se comprobó la siguiente diferencia de reductibilidad:

pelets verdes no quemados: reductibilidad =	$\frac{\% \text{ de hierro metálico}}{\% \text{ de hierro total}} \times 100 = 57,5\%$
pelets quemados con 252 kg/cm ² "	$\frac{\% \text{ de hierro metálico}}{\% \text{ de hierro total}} \times 100 = 9,8\%$

Se trata de poner a punto condiciones de quemado, temperatura y tiempo, que permitan alcanzar el valor mínimo necesario de resistencia a la compresión, 150 kg/cm², sin una disminución excesiva del coeficiente de reductibilidad.



Igualmente será interesante profundizar la acción del tipo de llama, si reductora u oxidante, en la operación de quemado de los pelets, sobre el valor de compresión de los pelets obtenidos.

Conclusiones

La experimentación hecha en laboratorio sobre los minerales de Santa Bárbara y Unchime, nos lleva a elegir para la concentración de los mismos el siguiente esquema de trabajos:

Primera etapa, tritución y molienda en seco en molino de tipo "Aerofall" para tener un producto menor de 10 mallas (1,6 mm.) 1,6

Segunda etapa, tostación reductora a 600-700 grados en horno de fluesolid con contemporánea clasificación neumática en tres productos: lecho del horno, grueso de ciclón, fino de ciclón.

Tercera etapa, concentración magnética, en seco o en húmedo, de los tres productos, con oportunas remoliendas de alguna medianía o colas.

Cuarta etapa, peletización, y quemado de los pelets, previa remolienda de alguno de los concentrados, si necesaria.

El resultado de este proceso, según los resultados de laboratorio, sería, para Santa Bárbara: pelets con 43% de Fe recuperación del Fe 61%

y Unchimé " " 49% " " " " 68%

Es interesante notar que a este mismo esquema han llegado los investigadores franceses en el estudio del mineral de la cuenca ferrífera de Lorena, situada en el Este de Francia. Se trata de un yacimiento de origen sedimentario (aflora en una línea de 100 km.), de limonita eolítica, más joven del de Zapla, con reservas cubiertas de mineral al 30% de hierro del orden de 6.000 millones de toneladas (ver: Separaciones magnéticas en seco - Aplicaciones a los minerales de hierro de Lorena - por M.M.Durand - Naciones Unidas - Seminario sobre concentración de minerales en zonas áridas - N.York - febrero 1966.). Después de extensos estudios efectuados ya sea en laboratorio o en plantas piloto, los técnicos franceses han llegado a la conclusión que los minerales no arcillosos pueden ser concentrados por medio de separación magnética de alta intensidad (planta Metzange de 1500 ton. diarias); mientras que los minerales arcillosos, con si-

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-62-

licoaluminatos ferríferos (cloritas) asociados a la limonita, tienen que sufrir una tostación magnetizante en horno "fluosolid" (planta piloto de 10 ton. hora de Maizieres-les Metz), antes de ser concentrados magnéticamente. La concentración por gravedad y por flotación no dió resultado.

Ya hemos dicho que el mismo proceso, tostación magnetizante, separación magnética de baja intensidad y peletización de los concentrados de hierro, es el proceso empleado desde 1964 en Follonica, Italia, en una planta de la Sociedad Montecatini que trata 2200 ton. diarias de un mineral bruto de pirita (sin concentrar) con 37% de azufre y 37% de hierro.

Si el proceso encuentra aplicación para un mineral de pirita, quiere decir que el proceso en sí no es excesivamente caro; si realizado en gran escala y con todos los automatismos y controles modernos; lo que lo encarece, en el caso de los minerales experimentados, es el bajo valor de la recuperación de hierro, 61% para Santa Bárbara y 63% para Unchimed.

La etapa de la reducción magnetizante en este proceso representa evidentemente un mayor costo, pero, de otro lado, da lugar a las siguientes ventajas:

- 1º) permite el empleo de la concentración magnética de baja intensidad, sea en húmedo que en seco, que entre los procesos de concentración es el más barato, eficiente e idóneo para granos finos hasta 20 micrones.
- 2º) Una parte del calor gastado en la etapa de reducción de hematita a magnetita es recuperado en la etapa de peletización, por la reacción exotérmica de oxidación de la magnetita a hematita.
- 3º) La separación del agua de los concentrados magnéticos (en espesadores o ciclones) queda facilitada por el fenómeno de la floculación magnética, dando lugar a un aumento de ley del concentrado por las lamas pobres separadas con el "overflow".

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-63-

Los siguientes datos de costo, sacados de la bibliografía, pueden dar una idea, de valor puramente indicativo, aproximado, de las cifras relacionadas con concentración:

Tabla LVII - Datos de costo de la concentración y peletización de concentrados

Operaciones	Costo por ton. tratada pesos	Costos por tonelada de pelets	
		de Santa Bárbara Recuperación 61%	de Unchimed recuperación. 68%
Trituración y molienda en seco menor 1,6 mm.	400	680	560
Reducción magnética por tostación	400	680	560
Remolienda y concentración magnética	300	510	420
Pelletización (pelets verdes y cocción)	500	500	500
Total costo por tonelada de pelets		2370	2040

A estos precios hay que adicionar el costo de extracción de:

1,7 toneladas de mineral bruto para los pelets de Santa Bárbara

1,4 " " " " " " " " Unchimé

Se llega por lo tanto a un precio de la tonelada de pelets (pelet de baja ley, 43 y 49% respectivamente) que seguramente no puede competir con el precio de un mineral de mejor calidad entregado a SOMISA en San Nicolás; pero, que a lo mejor, podría competir en el caso de un mineral entregado a una industria siderúrgica instalada en el mismo lugar del yacimiento.

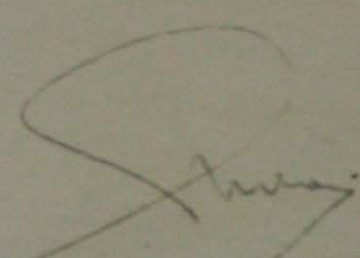
Hay que recordar que el presente estudio ha experimentado una muestra común de todo el yacimiento, ya sea de Santa Bárbara o Unchimé, sin efectuar ninguna discriminación entre zonas pobres y zonas ricas; seguramente los resultados obtenidos hubieran sido algo más satisfactorios, si las muestras de cabeza hubiesen reunido únicamente las

INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA

-64-

trincheras de los sectores más ricos de los dos yacimientos.

Jujuy, 17 de julio de 1967


(Ing. Andrés Giordana)
Jefe Dpto. Laboratorios y Experi.

